



OKACOM

The Permanent Okavango River Basin Water Commission

**Análise Diagnóstica Transfronteiriça da
Bacia do Rio Okavango:
Módulo do Caudal Ambiental
Relatório do Especialista
País: Angola
Disciplina: Sedimentologia &
Geomorfologia**

Helder André de Andrade e Sousa

Junho 2009

*Environmental protection and sustainable management
of the Okavango River Basin*

EPSMO

Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo do Caudal Ambiental

Relatório do Especialista

País: Angola

Disciplina: Sedimentologia & Geomorfologia

Autor: Helder André de Andrade e Sousa

Data: 20/06/09

RESUMO EXECUTIVO

Introdução

Um Projecto de Protecção Ambiental e Gestão Sustentável da Bacia do Rio Okavango (PAGSO) está sendo implementado sob auspícios da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Entre outras, esse projecto compreende a realização de uma análise diagnóstica transfronteiriça (ADT) que permita o desenvolvimento de um Plano Estratégico de Acções para a bacia, de modo a compreender e prevenir eventuais causas de problemas transfronteiriços entre os três países (Angola, Namíbia e Botswana) banhados por essa bacia. O Comité Directivo da Bacia de Okavango (OBSC) da Comissão da Bacia do Rio Okavango (OKACOM), notando que os eventuais problemas poderiam ocorrer em resultado de eventuais desenvolvimentos que poderiam modificar os regimes de caudais dentro do Rio Okavango, e notando ainda a existência de lacunas – em termos de informação – sobre os efeitos desses possíveis desenvolvimentos, recomendou a realização de uma Avaliação do Caudal Ambiental (ACA) de modo a prevenir acções que possam conduzir a modificações de impacto no regime de fluxo da bacia e, consequentemente, no ecossistema e na vertente sócio-económica.

No âmbito da ACA, foram previstas uma série de estudos específicos de cada país por especialistas: portanto, o presente Relatório de Sedimentologia & Geomorfologia para Angola, responde á parte das recomendações do Comité Directivo da Bacia de Okavango (OBSC) da Comissão da Bacia do Rio Okavango (OKACOM), e insere-se no âmbito da ACA; por sua vez, a ACA (Avaliação do Caudal Ambiental) é uma actividade conjunta do Projecto PAGSO e do Projecto Biokavango.

Área de estudo e respectivas características

No âmbito deste exercício, as pesquisas - na parte angolana da bacia - foram concentradas nos sítios Capico, Mucundi e Cuito-Cuanavale integradas nas Unidades Integradas de Análise 1, 2 e 3, respectivamente. Foi com base na relativa homogeneidade de caracteres biofísicos que apresentam, que essas Unidades - e os respectivos sítios - foram seleccionadas como representativas e boas para aí se efectuarem os estudos de detalhe, mesmo tendo em conta a impraticabilidade desse tipo de pesquisas na totalidade da bacia.

Juntamente com as características gerais da bacia do Okavango, as características gerais das áreas em cada uma das Unidades Integradas de Análise, assim como as dos sítios respectivos, são descritas com detalhe nos capítulos pertinentes.

Quanto às características, sob o ponto de vista geomorfológico e sedimentológico, pode-se dizer – em termos gerais - que os troços dos rios Cuebe em Capico, e Cubango em Mucundi, apresentam caracteres bastante similares, correndo em vales profundos e fortemente encaixados nas rochas do substrato resistente, e ao longo do qual as raras e pouco desenvolvidas planícies de inundação apresentam baixíssimas quantidades de sedimentos fluviais. Já o rio Kuito-Kuanavale corre livremente, meandrando no interior de uma planície de inundação ampla e bem desenvolvida. Em qualquer dos casos, os sedimentos da carga de fundo que esses rios transportam é granulométricamente pouco variável, e quase que inteiramente constituído – nos locais estudados - por areias finas da formação Kalahari.



Principais indicadores escolhidos e respostas

O melhor conhecimento das características geomorfológicas e sedimentológicas dos rios, nos troços analisados, permitiu identificar um conjunto de indicadores, que podem ser usados para avaliar as respostas das diversas componentes às variações do fluxo no sistema fluvial e os efeitos sobre o ecossistema e, ademais, prever e a sua possível evolução. A identificação desses indicadores foi também apoiada por uma extensa e exaustiva análise da documentação bibliográfica que foi possível obter, a maior parte deles referentes a rios fora do contexto angolano.

Foram analisadas a aplicabilidade de cada indicador em cada sítio da inteira bacia e os indicadores adoptados – pela equipa de especialistas dos três países – foram seleccionados tendo em conta a sua potencial resposta á variação dos fluxos no regime fluvial (estação seca, transição 1, estação húmida e transição 2), e as influências que essas respostas poderiam exercer na generalidade do ecossistema. Foram seleccionados os dez indicadores (número máximo recomendado) constantes na tabela seguinte:

Tabela 1- indicadores geomorfológicos e sedimentológicos

Nº do Indicador	Nome do Indicador	Sítios Representados		
		1 -Capico	2- Mucundi	3- Kuito Kuanavale
1	Extent of exposed rocky habitat in main channels.	No	Yes	No
2	Extent of coarse sediments on the bed	No	No	No
3	Cross sectional area of bank full channel	Yes	Yes	Yes
4	Extent of backwater areas (slow/no flow areas)	Yes	Yes	Yes
5	Extent of exposed sandbars at low flow	No	No	No
6	Extent of vegetated islands	No	Yes	No
7	Percentage silt & clay in the top of the floodplain	No	No	Yes
8	Extent of the floodplain inundated each wet season	No	No	Yes
9	Extent of inundated pools/pans on floodplain	No	No	Yes
10	Extent of cut banks along the active channel	No	No	Yes

No capítulo 3 fornece-se a descrição cada um desses indicadores, a sua eventual presença e localização no interior de cada sítio estudado, e o modo como respondem ás variações dos fluxos no interior do sistema fluvial.

ÍNDICE DOS ASSUNTOS

RESUMO EXECUTIVO.....	3
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE IMAGENS.....	9
AGRADECIMENTOS	11
INTRODUÇÃO	12
Antecedentes	12
Objectivos e Plano de Trabalho da ACA da Bacia do Okavango.....	12
Objectivos do Projecto	12
Disposição do presente relatório	13
ÁREA DE ESTUDO	14
Descrição da Bacia do Okavango	14
Delineamento da Bacia do Okavango em Unidades Integradas de Análise	15
Panorama geral dos locais	16
Local 1: Rio Cuebe em Capico	16
Local 2: Rio Cubango em Mucundi.....	16
Local 3: Rio Cuito no Cuito Cuanavale	17
Sedimentologia & Geomorfologia - descrição específica dos locais de Angola	17
Local 1: Capico	18
Local 2: Mucundi.....	20
Local 3: Cuito-Cuanavale.....	22
Integridade do habitat dos locais em Angola	23
IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES E CATEGORIAS DE CAUDAIS	25
Indicadores	25
Introdução	25
Lista indicativa para a Sedimentologia & Geomorfologia	25
Descrição e localização dos indicadores	26
Categorias de caudais – sítios do rio	41
Categorias de inundação – pontos do Delta	43
ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA	45
Introdução.....	45
Indicador nº 1 - Extent of exposed rocky habitat in main channels	46
Principais características do Indicador 1 Extent of exposed rocky habitat in main channels.....	46
Ligação ao caudal.....	46
Indicador nº 2 - Extent of coarse sediments on the bed.....	46
Principais características do Indicador 2 Extent of coarse sediments on the bed	46
References on Discharge (Q) and sediment load (Qs).....	47
Ligação ao caudal.....	47
Indicador nº 3 - Cross sectional area of bank full channel	47
Principais características do Indicador 3- Cross sectional area of bank full channel	47
Ligação ao caudal.....	48

Indicador nº 4 - Extent of backwater areas (slow/no flow areas).....	49
Principais características do Indicador 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)	49
Ligação ao caudal.....	49
Indicador nº 5: Extent of exposed sandbars at low flow	50
Principais características do Indicador nº5 Extent of exposed sandbars at low flow	50
Indicador nº 6: Extent of vegetated islands	50
Principais características do Indicador nº6 Extent of vegetated islands.....	50
Ligação ao caudal.....	50
Indicador nº 7: Percentage silt & clay in the top of the floodplain.....	51
Principais características do Indicador 7 Percentage silt & clay in the top of the floodplain	51
References on Floodplains Dynamics& Discharge (Q) and Sediment Load	51
Ligação ao caudal.....	51
Indicador nº 8: Extent of the floodplain inundated each wet season	52
Principais características do Indicador nº8 Extent of the floodplain inundated.....	52
References on Floodplains Dynamics	52
Ligação ao caudal.....	52
Indicador nº 9 - Extent of inundated pools/pans on floodplain	52
Principais características do Indicador nº 9 Extent of inundated pools/pans.....	52
Ligação ao caudal.....	53
Indicador nº 10 - Extent of cut banks along the active channel.....	53
Principais características do Indicador nº 10 Extent of cut banks	53
References on Cut Banks.....	53
Ligação ao caudal.....	53
Resumo 54	
RECOLHA E ANÁLISE DE DADOS	54
Metodologia para recolha e análise de dados.....	54
Resultados.....	55
Um resumo do entendimento presente das respostas previstas de todos os indicadores (disciplinas) as potenciais mudanças no regime de fluxo.....	55
Capico 56	
Indicador 3-Cross sectional area of bank full channel	57
Indicador 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)	59
Indicador 10- Extent of cut banks along the active channel.....	60
Mucundi (UIA 2).....	61
Indicador 1- Extent of the exposed Rocky Habitat in main channels.....	62
Indicador 3- Cross sectional area of bank full channel	63
Indicador 6- Extent of vegetated islands.....	64
Kuito Kuanavale (UIA 3)	65
Indicador 3- Cross sectional area of bank full channel	66
Indicador 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)	67
Indicador 7- Percentage silt & clay in the top of the floodplain	68
Indicador 8- Extent of the floodplain inundated each wet season.....	69

Indicador 9- Extent of inundated pools/pans on floodplain	70
Indicador 10- Extent of cut banks along the active channel.....	71
Conclusão.....	72
RELAÇÃO DA CURVA DE RESPOSTA DO CAUDAL PARA USO NA ACA- SAD (SISTEMA DE APOIO DE TOMADA DE DECISÃO) DO OKAVANGO	73
REFERÊNCIAS.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 0.1	Localização dos três pontos da EFA em Angola	16
Tabela 0.1	indicadores para a disciplina de Sedimentologia e Geomorfologia Lista dos indicadores para a Sedimentologia e Geomorfologia e aqueles indicadores escolhidos para representarem cada local	26
Tabela 0.2	Questões a serem abordadas no Workshop de Captação de Conhecimentos, por indicador e por local. Para todos os efeitos, o 'natural' abarcará na totalidade a vasta gama da variabilidade natural	43
Tabela 0.3	Categorias de inundação para o Delta do Okavango conforme reconhecido pelo modelo de inundação do HOORC.....	44

LISTA DE IMAGENS

Imagem 0.1	Parte Superior da Bacia do Rio Okavango da nascente para o extremo norte do Delta	14
Imagem 0.2	A Bacia do Rio Okavango, mostrando a drenagem no Delta do Okavango e nos pântanos de Makgadikgadi.....	15
Imagem 0.1	Três anos representativos para o local 1: Rio Cuebe em Capico, que ilustram a divisão aproximada do regime do caudal em quatro estações de caudais	41
Imagem 0.2	Três anos representativos para o local 2: Rio Cubango em Mucindi, que ilustram a divisão aproximada do regime do caudal em quatro estações de caudais	42
Imagem 0.3	Três anos representativos para o local 3: Rio Cuito em Cuito Cuanavale, que ilustram a divisão aproximada do regime do caudal em quatro estações de caudais	42
Imagem 0.4	Três anos representativos para o local 4: Rio Okavango em Kapoka (dados hidrológicos obtidos da estação hidrométrica do Rundo), que ilustram a divisão aproximada do regime do caudal em quatro estações de caudais.....	42
Imagem 0.5	Três anos representativos para o local 5: Rio Okavango nos Rápidos de Popa (dados hidrologicos obtidos a partir da estação hidrométrica de Mukwe), que ilustram a divisão aproximada do regime do caudal em quatro estações de caudais	43

ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
DTM (MDT)	Digital Terrain Model (Modelo Digital de Terreno)
ACA (EFA)	Avaliação dos Caudais Ambientais (Environmental Flow Assessment)
UIA	Unidade Integrada de Análise

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a feitura deste relatório.

De entre eles, em primeiro lugar, a Dr. Jackie King que não poupou esforços na orientação da escritura do relatório, a Dr. Cate Brown que nos Workshops sempre se mostrou disponível a dar os esclarecimentos necessários, e o Eng^o Manuel Quintino que, desde sempre, se caracterizou pela sua disponibilidade em partilhar e fazer fluir informações de grande utilidade.

Os meus agradecimentos vão também para os Dr.s Mark Rountree e Collin Christian pela ajuda dada na modelagem das curvas de resposta e - juntamente com o Dr. Dominique Mazvimazvi - nas discussões que conduziram á selecção dos indicadores.



INTRODUÇÃO

Antecedentes

Um Projecto de Protecção Ambiental e Gestão Sustentável da Bacia do Rio Okavango (PAGSO) está sendo implementado sob auspícios da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Uma das actividades inscritas no projecto é a realização de uma análise diagnóstica transfronteiriça (ADT) que visa o desenvolvimento de um Plano Estratégico de Acções para a bacia. A ADT consiste na análise de actuais e futuras causas de eventuais problemas transfronteiriços entre os três países membros da bacia, nomeadamente: Angola, Namíbia e Botswana. O Comité Directivo da Bacia de Okavango (OBSC) da Comissão da Bacia do Rio Okavango (OKACOM) notou durante a reunião do mês de Março em Windhoek, Namíbia, que os eventuais problemas futuros dentro do Rio Okavango ocorrerão mais provavelmente devido aos desenvolvimentos que modificarão os regimes de caudais. O OBSC ainda notou que existem informações inadequadas acerca dos efeitos físico-químicos, ecológicos e sócio-económicos desses possíveis desenvolvimentos. O OBSC recomendou nessa reunião que uma Avaliação do Caudal Ambiental (ACA) seja realizada para antecipar eventuais mudanças a serem causadas pelo desenvolvimento no regime do caudal do sistema do Rio Okavango, as mudanças ecológicas relacionadas, e os impactos consequentes sobre as populações que utilizam os recursos do rio.

A ACA é uma actividade conjunta do Projecto PAGSO e do Projecto Biokavango. Uma parte da ACA constará de uma série de estudos específicos do país por especialistas, dentre os quais o Relatório Sedimentologia & Geomorfologia para Angola.

Objectivos e Plano de Trabalho da ACA da Bacia do Okavango

Objectivos do Projecto

Os objectivos da ACA são:

apresentar uma síntese de toda a informação relevante sobre o sistema do Rio Okavango e seus utilizadores, e proceder a recolha de novos dados necessários dentro termos da ACA fazer uso destas informações para apresentar cenários de possíveis cursos de desenvolvimento no futuro para apreciação dos decisores, permitindo que os decisores discutam e façam negociações em aspectos inerentes ao desenvolvimento sustentável da Bacia do Rio Okavango;

incluir em cada cenário o principal impacto ecológico positivo e negativo, recurso-económico e social dos desenvolvimentos em causa;

concluir esse conjunto de actividades como ACA piloto, devido às limitações de tempo, estes resultados servirão de contribuições para a ADT e uma futura ACA mais abrangente.

Os objectivos específicos são:

determinar em diferentes pontos ao longo do sistema do Rio Okavango, incluindo o Delta, os relacionamentos existentes entre o regime do caudal e a natureza ecológica e o funcionamento do ecossistema do rio;

determinar os relacionamentos existentes entre o ecossistema do rio e os modos de vida das populações ribeirinhas;

prever as eventuais mudanças causadas por desenvolvimentos no regime do caudal e consequentemente ao ecossistema do rio;

prever os impactos dessas mudanças do ecossistema do rio sobre os modos de vida das populações.

Fazer uso dos resultados da ACA com a melhoria da gestão da biodiversidade do Delta. Desenvolver capacidades para a realização das ACAs em Angola, no Botswana, e na Namíbia.

Disposição do presente relatório

O presente relatório compõe-se de seis Capítulos, referências bibliográficas e X anexos; cada capítulo, eventualmente dividido em secções, aborda os seguintes aspectos:

Capítulo 1 – é a parte introdutiva onde se explica o porquê do projecto e do presente estudo, os respectivos marcos e objectivos, as principais instituições envolvidas, os patrocinadores do projecto, assim como a estruturação do presente relatório.

Capítulo 2 – este capítulo descreve as características gerais da Bacia do Okavango, o modo como foi subdividido em áreas de amostragem (designadas por unidades integradas de análise), o porquê dessa divisão, os sítios onde - dentro de cada uma dessas áreas de amostragem – concentrar as pesquisas, as disciplinas escolhidas para o desenvolvimento das pesquisas, as características gerais de cada um desses sítios em Angola e, finalmente, as respectivas características sob o ponto de vista geomorfológico e sedimentológico.

Capítulo 3 – neste capítulo, especificam-se os principais indicadores escolhidos para a compreensão - sob o ponto de vista geomorfológico e sedimentológico - do comportamento fluvial ao longo de toda a bacia; também se descreve cada um desses indicadores, a sua eventual presença e localização no interior de cada sítio estudado, e o modo como respondem às variações dos caudais.

Capítulo 4 – aqui, explica-se a abordagem seguida na análise da bibliografia, a extensão da bibliografia encontrada, as pesquisas efectuadas, assim como os resultados obtidos em função dos indicadores reconhecidos.

Capítulo 5 – neste capítulo, faz-se referência à metodologia seguida para a obtenção e análise dos dados, os resultados obtidos, e as conclusões.

Capítulo 6 – este Capítulo trata da Relação da curva de resposta do caudal para uso na ACA-SAD (Sistema de Apoio de Tomada de Decisão) do Okavango

Referências Bibliográficas

ÁREA DE ESTUDO

Descrição da Bacia do Okavango

A Bacia do Rio Okavango consiste de áreas drenadas pelos rios Cubango, Cutato, Cuchi, Cuelei, Cuebe, e Cuito em Angola, o Rio Okavango na Namíbia e Botswana, e o Delta do Okavango (Imagem 0.1). Do ponto de vista topográfico, esta bacia inclui a área que foi drenada pelo actual Rio fóssil de Omatako na Namíbia. As descargas do Delta do Okavango são drenadas através dos rios Thamalakane e Boteti, este último afluente para a Bacia (Depressão) do Makgadikgadi. O Rio Nata, que drena a parte ocidental do Zimbabué, também afluente para a Bacia de Makgadikgadi. Assim, na base da topografia, a Bacia do Rio Okavango inclui a Bacia de Makgadikgadi e a Bacia do Rio Nata (Imagem 0.2). Entretanto, o presente estudo, se concentra em partes da bacia em Angola e na Namíbia, e no complexo do Rio Panhandle/Delta/Boteti no Botswana. As Bacias do Makgadikgadi e do Rio Nata não estão nele contemplados.

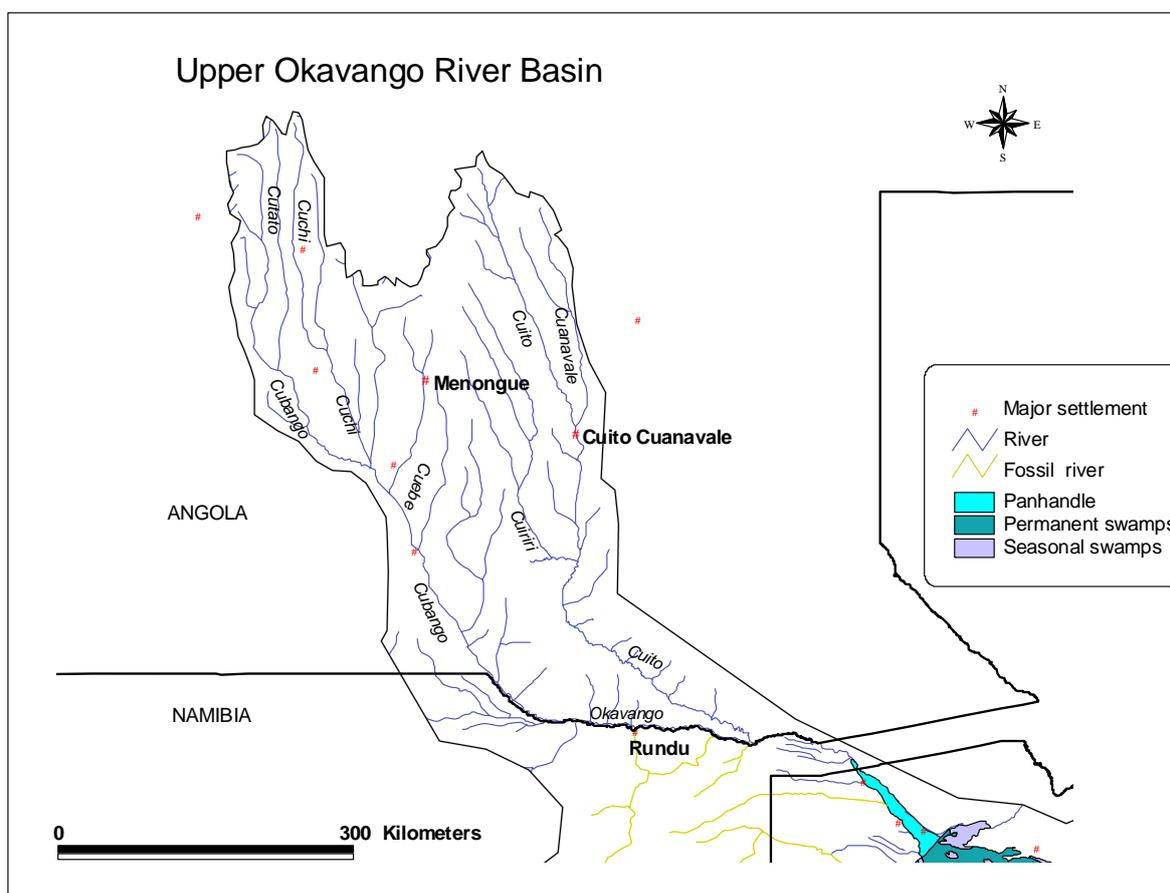


Imagem 0.1

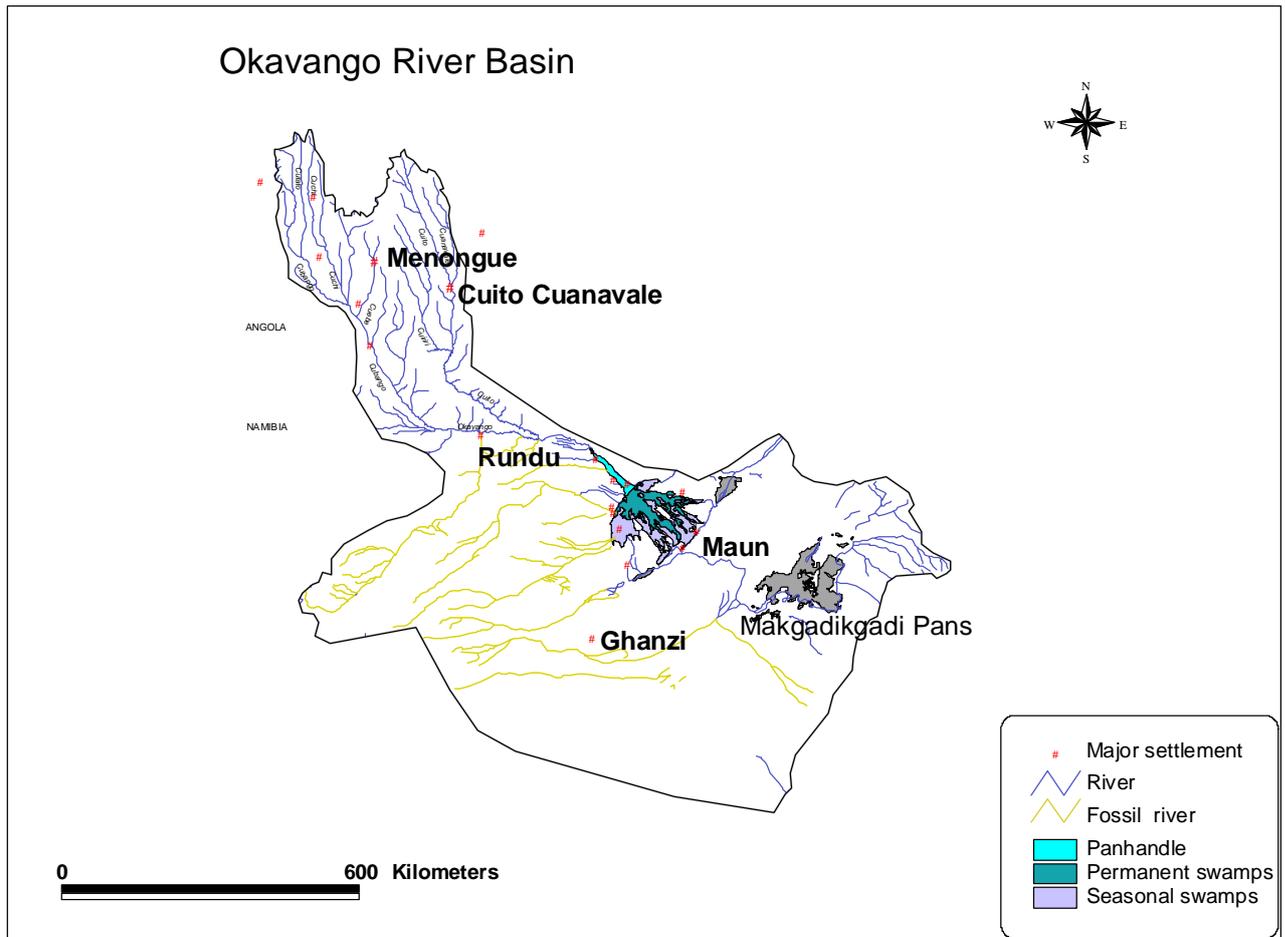


Imagem 0.2

Delineamento da Bacia do Okavango em Unidades Integradas de Análise

Nenhum estudo poderia de maneira pormenorizada descrever cada extensão do rio dentro da Bacia do Rio Okavango, ou cada pessoa que reside dentro desta área, em especial um estudo piloto como o actual. Ao invés disso, áreas representativas que são razoavelmente homogêneas em carácter poderão eventualmente ser demarcadas e usadas para representatividade de áreas muito maiores, e em seguida um ou mais pontos representativos escolhidos em cada um como sendo área de ênfase para actividades de recolha de dados. Os resultados de cada um dos locais representativos podem em seguida ser extrapolados para as áreas maiores.

A utilização desta abordagem, implicará a demarcação da Bacia em Unidades Integradas de Análise (PAGSO/Biokavango Relatório nº. 2; Relatório sobre o Delineamento) pela:

Divisão do rio em zonas longitudinais relativamente homogênea em termos de:

hidrologia;

geomorfologia;

química da água;

peixes;

invertebrados aquáticos;

vegetação;

harmonização dos resultados de cada disciplina num conjunto de zonas biofísicas do rio;

divisão da bacia em áreas relativamente homogêneas em termos de sistemas sociais;

harmonização das zonas biofísicas do rio e as áreas sociais num conjunto de Unidades Integradas de Análise (UIAs).

As 19 UIAs reconhecidas foram em seguida apreciadas por cada equipa nacional como candidatas para a localização do número de sítios afectados dos locais de estudo:

Angola: três locais
 Namíbia: dois locais
 Botswana: três locais.

Os locais escolhidos pela equipa de Angola estão apresentados na Tabela 0.1.

Tabela 0.1

EFA Local No	País	Rio	Localização
1	Angola	Cuebe	Capico
2	Angola	Cubango	Mucundi
3	Angola	Cuito	Cuito Cuanavale

Panorama geral dos locais

Local 1: Rio Cuebe em Capico

O sítio do Capico está localizado na parte sul do município de Menongue. Ele enquadra-se na Unidade Integrada de Análise (UIA) nº 3. Capico dista há 110 quilómetros à sul de Menongue, a capital da província do Kuando Kubango, em direcção à fronteira com a Namíbia. As suas coordenadas geográficas são: latitude - 15°33' Sul; longitude - 17°34' Este. A altitude da zona varia entre 1160 e 1250 metros. A maioria das pessoas que vivem em Capico pertencem ao grupo étnico Ngangela. Existe em Capico um pequeno grupo de residentes que pertencem ao grupo étnico Tchokwe (originários da província do Moxico), que durante a guerra civil deslocaram-se da sua área de origem e fixaram a sua residência em Capico. As povoações existentes nas imediações de Capico são: Massosse e Bitângua à Norte e Caïndo à Sul.

O rio Cuébe, um dos afluentes do rio Cubango (Okavango) é a única fonte de água na area.

A principal vegetação da área é do tipo bosques de *Burkea-Brachystegia* que se desenvolvem sobre as areias do Kalahari.

Os principais modos de vida da população local são a Agricultura de sequeiro (durante a estação chuvosa que ocorre entre Outubro e Abril), a Pesca artesanal usando o rio Cuébe, a recolha de frutos silvestres e a Caça. O artesanato é também praticado pela população local.

Devido à proximidade da povoação de Capico ao rio Cuébe, este último é usado de forma intensiva pela população local. Apesar da sua secção estreita em Capico, as margens do rio não são muito afectadas pela inundação, devido a profundidade do rio nesta secção.

Local 2: Rio Cubango em Mucundi

O sítio de Mucundi está localizado na parte sul do município de Menongue, à jusante da povoação de Caïndo. Ele enquadra-se na UIA nº 2. Mucundi dista há 192 quilómetros à sul de Menongue, a capital da província do Kuando Kubango, em direcção à fronteira com a Namíbia. As suas coordenadas geográficas são: latitude - 16°13' Sul; longitude - 17°41' Este. A altitude da zona varia entre 1120 e 1250 metros. As pessoas residentes em Mucundi

pertencem ao grupo étnico Ngangela. As povoações existentes nas imediações de Mucundi são: Chimbuetta à Norte e Kendelela à Sul.

O rio Cubango (Okavango), depois de receber as contribuições dos rios Cutato, Cuchi, Cuélei e Cuébe, é maior fonte de água na zona.

A principal vegetação da área é do tipo bosques *Burkea-Brachystegia* que se desenvolvem sobre as areias de Kalahari.

Os principais modos de vida das populações locais são a Agricultura de sequeiro (durante a época chuvosa que ocorre entre Outubro e Abril), Pesca artesanal usando o rio Cubango (Okavango) e produção pecuária. A Apicultura é também praticada na zona, mas numa escala reduzida.

Devido à proximidade da povoação do Mucundi ao rio Cubango (Okavango), este último é utilizado de forma intensiva pelas populações locais. A margem direita do rio não é muito afectada pelas inundações devido à sua elevação topográfica. Durante o pico da estação chuvosa (Fevereiro – Abril), a margem esquerda do rio fica eventualmente inundada.

Local 3: Rio Cuito no Cuito Cuanavale

O sítio do Cuito Cuanavale está situado na parte leste da provincia do Kuando Kubango. Ele enquadra-se na UIA nº 6. O sítio encontra-se no município do mesmo nome. O Cuito Cuanavale dista há 189 quilómetros da cidade de Menongue, a capital da provincial do Kuando Kubango, na direcção leste para quem viaja para o município de Mavinga. As suas coordenadas geográficas são: latitude - 15°10' Sul; longitude - 19°12' Este. A população residente no Cuito Cuanavale pertence ao grupo étnico Ngangela. As povoações existentes nas imediações do Cuito Cuanavale são: Sacalumbo à Noroeste, Chissamba à Nordeste, Bocota à Sul, Caripa à Sudoeste e Samungure à Sudeste.

O sítio localiza-se há 3 quilómetros á jusante da confluência dos rios Cuito e Cuanavale. A altitude da zona varia entre 1180 e 1250 metros.

O principal vegetação da area é do tipo de bosques *Burkea-Brachystegia* que se desenvolvem sobre as areias do Kalahari.

Os principais modos de vida da população local são a Agricultura de sequeiro (durante a época das chuvas que ocorre entre Outubro e Abril), Pesca artesanal usando os rios Cuito e Cuanavale Rivers, a recolha de frutos silvestres e a Caça.

O rio Cuito é usado de forma intensiva pela população local. Embora consideravelmente profundo, existe nas imediações do sítio uma planície de inundação, que inunda durante o pico das estação das chuvas (Fevereiro – Abril).

Sedimentologia & Geomorfologia - descrição especifica dos locais de Angola

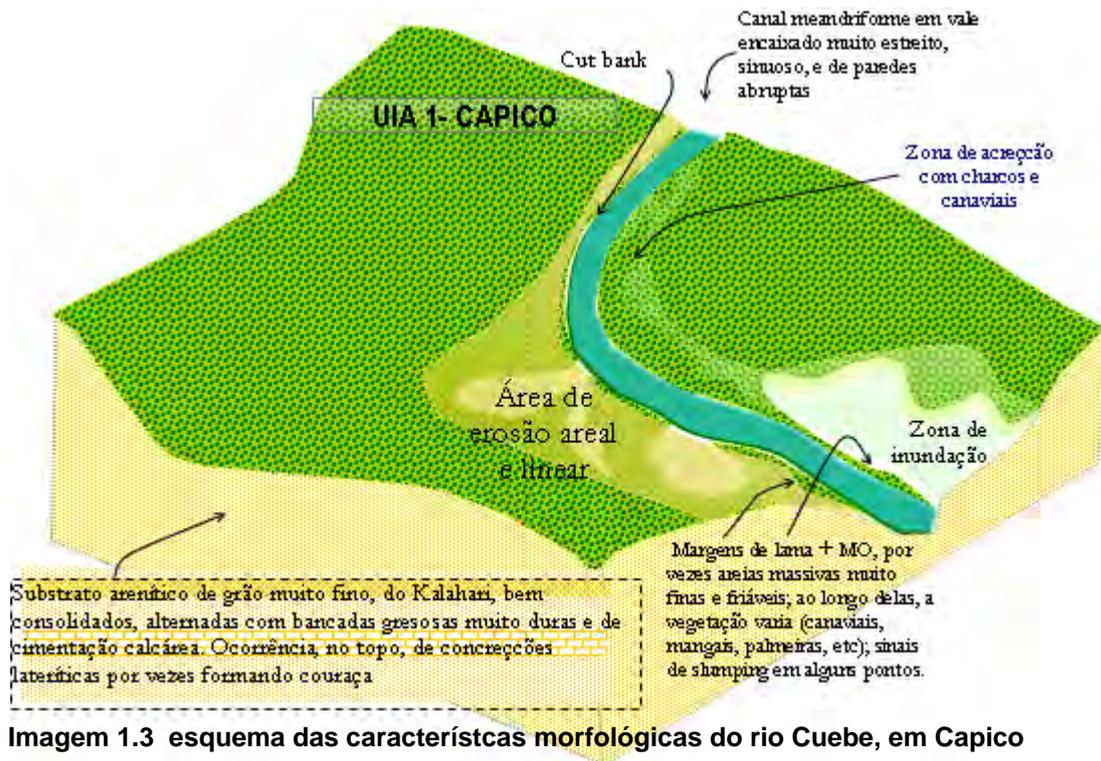
Local 1: Capico

Imagem 1.3 esquema das características morfológicas do rio Cueba, em Capico

As características morfológicas mais marcantes do Rio Cueba, em Capico, podem ser visualizadas conforme o esquema ilustrativo acima dado. Nele, é possível observar que o canal do rio apresenta um andamento muito sinuoso com vários troços rectilíneos, e é encaixado no interior de um vale com perfil em V estreito, limitado por paredes altas e abruptas, e com fundo bastante estreito para apenas conter as margens ordinárias do canal fluvial. Em alguns troços, as paredes altas do vale se alternam com estreitas faixas depressivas de fundo aproximadamente planar, e com frequente exposição do substrato rochoso, o que mostra corresponderem á áreas afectadas por processos principalmente erosivos do rio, durante as fases de inundação, já que as rupturas de pendência que marcam as respectivas margens externas coincidem com os limites máximos atingidos pelas águas durante os eventos de cheias excepcionais (inundação): tratam-se, portanto, de planícies de inundação, incipientes pela sua pequena extensão areal. Em outros troços, o flanco do vale se apresenta cortado por incisões que conectam, imediatamente á montante, com bacias de extensão apreciável, e cujo fundo rugoso é juncado de blocos erodidos das suas áreas marginais; essas são bacias que actuam como colectores e integram linhas de escorrência de água curtas, muito profundas e com grandes pendências ao longo do seu perfil longitudinal (gullies), as quais por vezes se unem formando redes que confluem para o interior dela; as formas relativamente jovens que o conjunto apresenta, demonstram a intensidade dos processivos erosivos lineares (gullyng) e areais (surface washing) activos no interior dessas bacias, testemunhando também a sua grande importância no fornecimento de sedimentos (areias e seixos) ao sistema fluvial.

As características típicas de um estágio de maturidade inicial do desenvolvimento do curso fluvial que apresenta - sublinhadas também pelas apreciáveis pendências do canal e do fundo do vale onde se encaixa, as quais mostram que o perfil longitudinal do curso fluvial ainda não está completamente regularizado, pelo menos ao longo deste troço - podem ser devidas ás características do substrato que cortam: este, é constituído por camadas de arenito bem consolidado e de grão muito fino, alternadas com bancadas gresosas e

calcáreas muito resistentes, e com a ocorrência – no topo da sucessão – de concreções lateríticas frequentemente bastante espessas e formando couraça.

O canal por onde flui o rio Cueba, ao longo do troço compreendido nesta UIA, apresenta um perfil transversal assimétrico, a avaliar pelas profundidades medidas nas adjacências da margem direita (Md), na parte central (C) e nas adjacências da margem esquerda (Me) ao longo de 3 perfis localizados na estação hidrométrica e ~50 metros á jusante e á montante dela, conforme a tabela abaixo (os valores entre parêntesis referem-se á elevação da margem do canal de magra (+h) acima da superfície da água):

Tabela 2.2 profundidades do canal abaixo da superfície da água em Capico

ponto	Me (+h)	C	Md (+h)
~50m montante	0.85m (1.4m)	2,5m	2.1 m (?)
Estaç. Hidrom.	2.1m (0.4 m)	2.4m	0.7m (0.5 m)
~50m jusante	1.0m (0.5m)	3.0m	2.6m (?)

Os valores acima dados mostram também que o leito do canal apresenta um andamento ondulado, neste troço apreciavelmente rectilíneo, facto que testemunha a alternância, ao longo das margens e na parte central do canal, de áreas de maior profundidade (pools) com áreas de águas mais rasas (riffles).

As margens do canal apresentam alguns troços constituídos por lama + matéria orgânica (MO) consolidada, assim como troços constituídos por areias massivas muito finas e friáveis: em ambos os casos, se apresentam colonizados por vegetação variável ao longo de todo o traçado, com prevalência de canaviais mangais, palmeiras etc.; é de se remarcar que, em muitos pontos do traçado rectilíneo, essas margens apresentam sinais de “slumping” activo e potencial, com linhas de destaque situadas ao longo do contacto com as rochas do substrato (no caso das margens constituídas por lama), e nas proximidades do contacto com a massa de água (para as margens constituídas por areias massivas). A esse processo, que contribui para o fornecimento de carga detritica para o rio, se acrescenta processos de erosão marginal principalmente concentrado ao longo das margens côncavas do meandro (cut bank), e cujos produtos tendem a depositar-se prevalentemente em correspondência da margem convexa imediatamente adjacente (point bar), e a profundidades muito baixas, pelo que esta se encontra densamente colonizada por vegetação típica de zonas pantanosas (canaviais, etc).

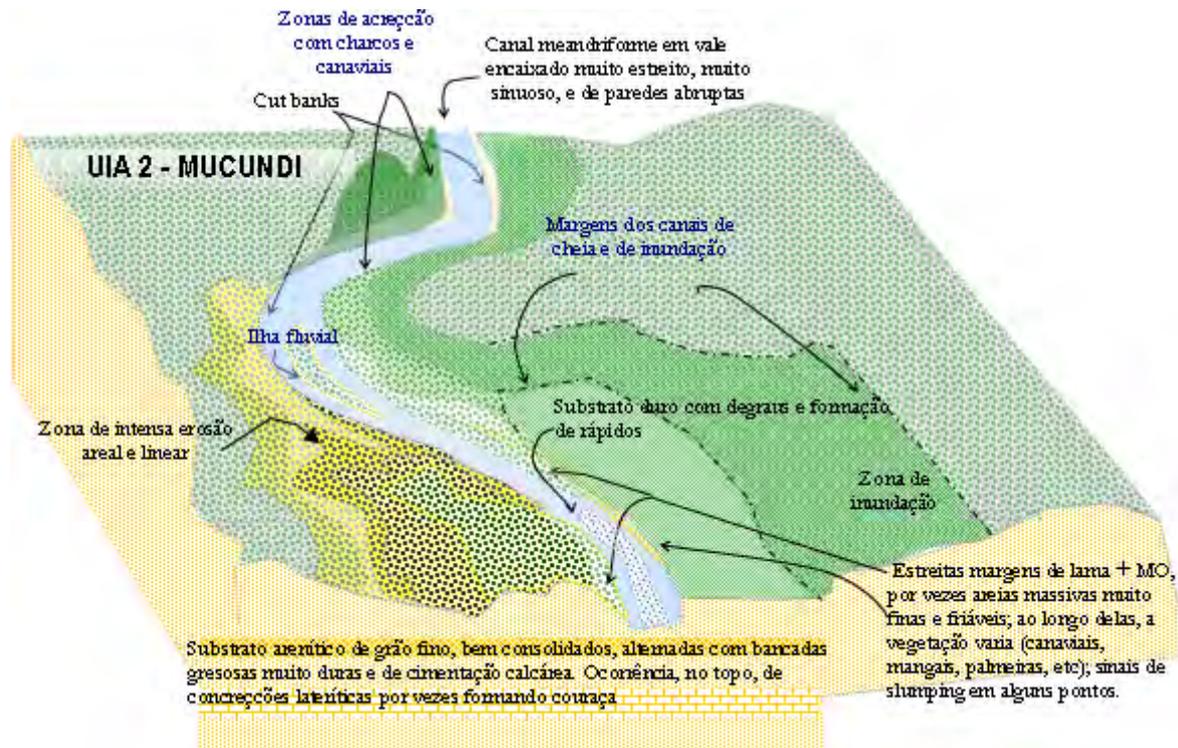
Local 2: Mucundi

Imagem 2.4 esquema das características morfológicas do rio Cubango, em Mucundi

O Rio Cubango, em Mucundi, apresenta características morfológicas cujos traços principais são as que podem ser visualizadas no esquema ilustrativo acima dado. O canal deste rio, que apresenta um andamento muito sinuoso alternado a pequenos troços rectilíneos, é encaixado no interior de um vale com perfil em V estreito, limitado por paredes altas e abruptas, de fundo suficientemente estreito para apenas conter o canal fluvial, e cujas margens ordinárias (bankfull channel) dificilmente se distinguem das margens do **canal de magra** (lowstream channel); acrescenta-se que, ambos os tipos de margens são dificilmente perceptíveis na paisagem. Tal como na UIA 1, as paredes altas e abruptas que constituem os flancos do vale do Cubango no troço da UIA 2, parecem estar estreitamente relacionadas com as características do substrato que cortam, o qual é constituído por camadas de arenito de grão muito fino, bem consolidados, alternadas com bancadas gresosas muito duras e de cimentação calcárea. Ocorrência, no topo, de concreções lateríticas que por vezes se apresentam com espessuras tais que formam couraça.

As paredes do vale se alternam, ao longo de alguns troços, com estreitas depressões de fundo aproximadamente planar que cortam o substrato, se inclinam ligeiramente para o continente, e cuja superfície apresenta – em muitos pontos – depósitos de lama muito escura; estas depressões correspondem á áreas afectadas por processos erosivos e deposicionais do rio durante as fases de inundação, mesmo porque as rupturas de pendência que marcam as respectivas margens externas coincidem com os limites máximos atingidos pelas suas águas durante os eventos de inundação: tratam-se, portanto, de planícies de inundação, geralmente de pequena extensão areal, embora seja de se registar a presença de uma com extensão bastante significativa, localizada ao longo de quase todo o comprimento da margem esquerda da área de estudo, e cujas margens externas se adentram por cerca de 200 m para o interior do continente. As paredes do vale apresentam-se também – em alguns pontos, cortadas por pequenas bacias mas de apreciável extensão areal, as quais funcionam como áreas de recolha e de passagem dos detritos (areias e

seixos) resultantes de erosão areal (washing) e linear (gullyng) das respectivas áreas marginais á montante; os flancos rípidos e livres de detritos que apresentam as formas lineares no interior dessas bacias, assim como as altas pendências dos respectivos perfis longitudinais e das áreas marginais, são testemunhos da intensidade dos processos erosivos activos nessas bacias, assim como da sua grande importância no contributo sedimentar ao sistema fluvial adjacente.

Quanto à geometria que o canal do rio Cubango apresenta, ela é bastante irregular ao longo do troço observado nesta UIA, conforme é possível constatar pelas profundidades que apresenta nos seguintes perfis transversais observados de montante para jusante da Estação Hidrométrica (EH), onde Md = margem direita, C = parte central, Me = margem esquerda do canal, e (+h) = elevação da margem do canal de magra, acima da superfície da água:

Tabela 3.3 profundidades do canal abaixo da superfície da água em Mucundi

Ponto	Me	C	Md
Curva, ~200 m montante EH	?	Ilha fluvial	?
100 m, montante EH	2.0 m	1.8 m	0.9 m
Proximidades EH	Leito de águas rasas sobre substrato resistente, com profundidades maiores (~1 m) nas áreas marginais		
100 m jusante EH	1.5 m	3.0 m	1.0 m

Refira-se que o substrato granítico resistente - que aflora á superfície e sob uma espessura de poucos centímetros de água por quase toda a largura do leito do canal e ao longo de cerca de 60-70 m de comprimento, e que mormente nas áreas marginais foi erodido até profundidades em torno de 1 m – apresenta uma superfície muito áspera devida á abrasão fluvial, com ocorrência de sulcos, fendas e depressões de geometria irregular e dimensões centimétricas a métricas, assim como depressões em bacia com profundidades em torno do metro e diâmetros que podem atingir 2 a 3 m, e cujos fundos são preenchidos por pequenas quantidades de areia de grão grosseiro, bem seleccionado, e com raros seixos; os rápidos, que caracterizam a corrente neste troço significativamente amplo e retilíneo, são incrementados, mormente na parte mais á jusante, pela presença de degraus cujos saltos – em conjunto – superam grandemente 2 m de altura. As variações de pendência do canal e do fundo do vale que o encaixa – apreciáveis ao longo deste troço - mostra que o perfil longitudinal deste curso fluvial ainda não está regularizado.

As características do canal acabadas de descrever, assim como as do fundo do vale acima descritas, são típicas de um estágio de maturidade inicial do desenvolvimento do curso fluvial e são indicativos da grande potencialidade dos processos de aprofundamento que poderão ocorrer pelo menos neste troço do Rio Cubango.

Relativamente ás margens do canal, estas apresentam raros troços onde aflora o substrato resistente, sendo que na maior parte do traçado são mormente constituídos por lama + matéria orgânica (MO) consolidada, alternados por pequenos troços constituídos por areias massivas muito finas e friáveis: nestes dois últimos casos, as margens são marcadamente estreitas e se apresentam colonizados por vegetação variável ao longo de todo o traçado, com prevalência de canaviais, mangais, palmeiras etc.; em muitos pontos, essas margens apresentam sinais de “slumping” activo e potencial, com linhas de destaque situadas ao longo do contacto com as rochas do substrato (no caso das margens constituídas por lama), e no contacto com a massa de água (para as margens constituídas por areias massivas): os sinais de “slumping”, amplamente distribuídos ao longo do traçado da UIA 2, mostram a prevalência actual dos processos de erosão lateral (alargamento do canal) – sobre os processos de aprofundamento. A esse processo de erosão marginal, que contribui para o

fornecimento de carga detrítica para o rio, se acrescentam aos que principalmente se concentram ao longo das margens côncavas do meandro (cut bank), e cujos produtos tendem a depositar-se prevalentemente em correspondência de margens convexas imediatamente adjacentes, e a profundidades muito baixas, pelo que esta se encontra densamente colonizada por vegetação típica de zonas pantanosas (canaviais, etc).

Local 3: Cuito-Cuanavale

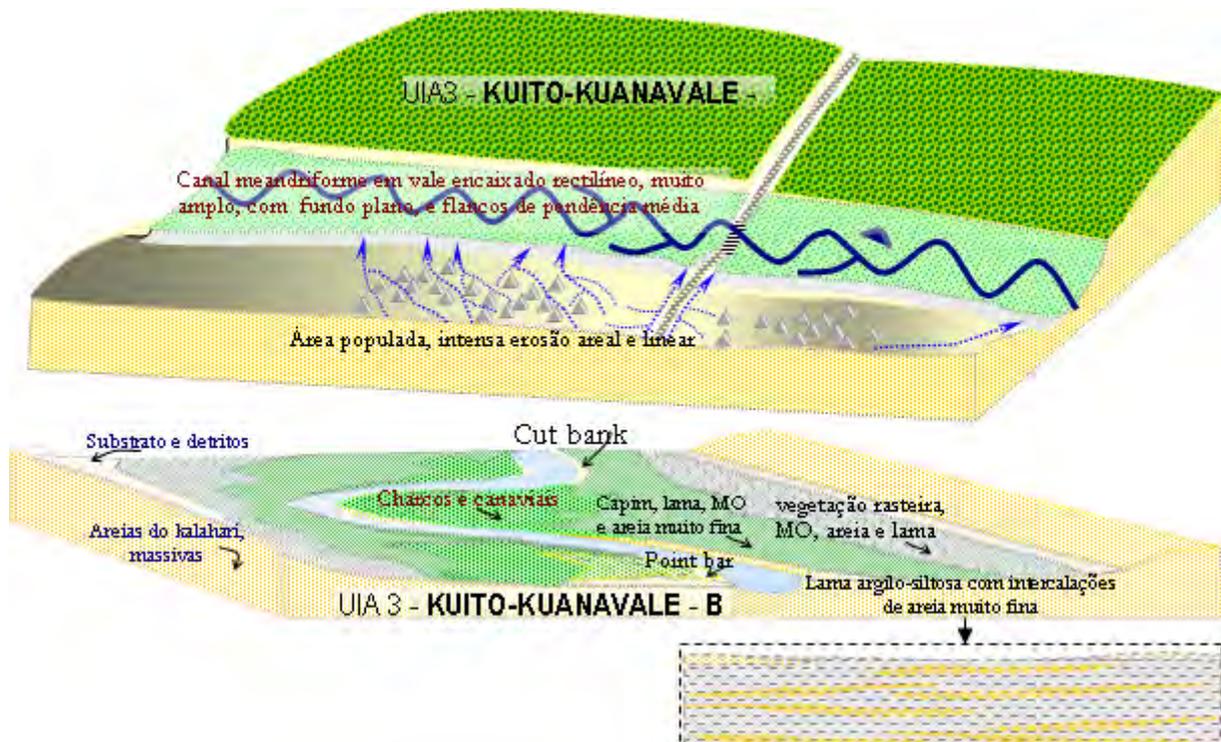


Imagem 2.5 esquema das características morfológicas do rio Cuito em Kuito-Kuanavale

Alguns dos traços morfológicos principais do Rio Kuito-Kuanavale, na área escolhida como UIA 3, são as que podem ser visualizadas nos esquemas ilustrativos A e B acima dados. Assim, como no esquema A, é possível observar que este rio apresenta um canal á meandros que livremente se desenvolve no interior de uma ampla planície de inundação, onde facilmente se podem encontrar braços de meandros abandonados uns em forma de "oxbow lakes", outros ainda com uma das extremidades conectadas ao canal principal. Nas áreas marginais em torno desses canais, o pavimento da planície aluvial se encontra quase totalmente coberto por vegetação frequentemente rasteira, mormente erbácea, e a qual se distribui em manchas fáclmente distinguíveis quer pela diversa tonalidade de verde, quer pela diversa densidade de ocupação do terreno, aspectos esses que parecem estar estreitamente relacionados com o teor de humidade presente em cada uma dessas manchas; de facto, foi observada a presença de vegetação mais densa, mais variada e de maiores dimensões nos pontos em que o terreno se apresentava mais húmido e por vezes encharcado (swamps), zonas mais vastas e menos húmidas ocupadas quase exclusivamente por vegetação erbácea (e intensamente utilizada para pastorícia), e faixas ainda menos húmidas – principalmente localizadas nas proximidades das margens da planície aluvial – onde a vegetação rasteira se encontra esparsamente distribuido no terreno: nesta última faixa é frequente encontrarem-se escavações antropogénicas de dimensões variadas, resultantes da intensa extracção dos sedimentos silto-argilosos constituintes desses terrenos, sedimentos esses que a população utiliza para a feitura de blocos destinados á construcção das respectivas habitações.

O amplo vale onde se insere a planície de inundação é cortado nas areias massivas muito finas e pouco coerentes da formação Kalahari e apresenta flancos altos ora mediamente inclinados para o vale, ora com pendências mais abruptas. O flanco direito deste vale é, em vários pontos, cortado por longas e profundas ravinas (gullyes) cujas cabeceiras se situam no interior das terras altas á sua montante – principalmente nas áreas ocupadas pelo denso aglomerado que constitui a população do Kuito Kuanavale - e as quais formam bacias de drenagem notavelmente amplas e com significado apreciável no contributo sedimentar que aportam á planície aluvial e ao sistema fluvial adjacente, sem esquecer o contributo que é de se atribuir aos processos areais (“splash erosion” e “sheet wash”) também activos nessas vertentes; o notável contributo em carga sedimentar que esses processos dão ao sistema fluvial é parcialmente testemunhado pela presença, no pavimento da planície de inundação, de espessas camadas de lama argilo-siltosa entre as quais se intercalam lentes de areia muito fina e de pequenas espessuras nas adjacências do canal (que podem resultar da deposição por “overbank” de sedimentos fluviais provenientes dos cursos á montante) e que por vezes atingem a ordem do metro em alguns pontos afastados da adjacência do canal fluvial (que podem resultar, portanto, da erosão nas vertentes adjacentes).

Ao longo do troço observado nesta UIA 3, o canal do rio Kuito-Kuanavale – que corta os sedimentos silto-argilosos e arenosos da sua planície de inundação - apresenta uma geometria assimétrica bastante regular nas secções transversais, e com leito de andamento não uniforme, conforme é evidenciado pelas profundidades variando regularmente de 3 a 4 m ao longo da parte central do seu curso, enquanto os perfis transversais apresentavam profundidades variando de 1 a 2 m, de modo alternado, nas adjacências de uma e de outra margem; naturalmente, ao longo dos perfis transversais, as profundidades maiores se situavam nas proximidades das margens côncavas e, também, no eixo dos troços entre as curvas de meandro. Esses caracteres sugerem a presença de ondulações ao longo do leito do canal (sand waves?), com troços de maior profundidade (pools) alternando-se a outros de águas mais rasas (riffles): pelas observações de campo, não suficientemente confirmadas por medições adequadas, os “pools” se localizam ou na parte central do canal ou em troços adjacentes ás margens côncavas, enquanto os “riffles” se situam em pontos de troços entre as curvas marcados por margens mais esbatidas e frequentemente colonizadas por canaviais.

Dentre as formas modeladas pelo dinâmica fluvial que foi possível observar nesta área - as quais incluem a planície aluvial e os canais de meandro abandonados que mais acima se referiu, e os “sand waves” acabados de referir - destacam-se os “cut bank” e os “point bar”, os quais testemunham a acção de processos de erosão lateral presentes ao longo de todo o curso, mas principalmente concentrado ao longo das margens côncavas do meandro, assim como de processos de deposição dos sedimentos, os quais tendem a concentrar-se com prevalência nas margens convexas imediatamente adjacentes á jusante, e a profundidades que – na maior parte das vezes – se situa a poucos centímetros abaixo da superfície da água: assim, a maior dos sedimentos que constituem os “point bar” se tornam dificilmente reconhecíveis, principalmente porque se encontram mascarados por uma densa vegetação que os coloniza, constituída mormente por canaviais.

Na área observada, o conjunto formado pelo vale e pelo canal de meandros mostra pendências locais muito baixas, e baixíssimos gradientes do canal ao longo de um perfil longitudinal regularizado: estes aspectos, somados com os acima descritos, são indicativos de que o conjunto se encontra num estágio de maturidade tardia do seu desenvolvimento, em situação de quase-equilíbrio e, por isso mesmo, muito sensível á quaisquer variações cujas amplitudes ultrapassem as capacidades de absorção do sistema.

Integridade do habitat dos locais em Angola

A tabela seguinte resume a integridade dos habitats em Angola, de acordo com o que foi observado nos sítios analisados, e calculado pelos especialistas das várias disciplinas que integram a equipa angolana.

Tabela 4

OKAVANGO TDA: ENVIRONMENTAL FLOW ASESMENT - Habitat Integrity Assessments																										
TDA (EF) Site No	River	Place	PD Category	Habitat Integrity	Instream	Riparian	Abstraction	Quality	Floods	Lowflows	Bed	Channel	Inundation	Macrophytes	Fish	Waste	Removal	Encroachment	Floods	Lowflows	Channel	Inundation	Abstraction	Erosion	Fishing pressure assessment	
1	Cuebe	Capico	B	89,3	94,5	84,04	3	0	0	5	0	5	0	0	0	0	10	1	0	3	5	0	3	6		
2	Cubango	Mucundi	B	89,6	94,5	84,6	3	0	0	5	0	5	0	0	0	0	10	1	0	3	5	0	3	5		
3	Cuito	Cuito Cuanavale	B	82,0	87,4	76,6	6	2	0	5	5	5	0	0	0	7	12	1	0	5	8	0	6	10		Fishing pressure increasing, density and size of fish declining slightly
4	Okavango	Kapako	B	86,2	86,6	85,72	5	7	0	0	8	0	0	1	0	9	16	1	0	0	0	0	5	0		Fishing pressure high
5	Okavango	Popa Falls	A	91,2	92,6	89,72	2	3	0	0	0	1	0	0	0	17	11	0	0	0	1	0	2	2		Ben still to score fishing pressure
Not EF	Okavango	Mahangu	A	97,4	96,6	98,2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0		No fishing pressure in the reach
6	Okavango	Panhandle	A	100,0	100,0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	Okavango	Xan	A	100,0	100,0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	Okavango	Maun	A	100,0	100,0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

INTEGRIDADE (%)		SEVERIDADE DO IMPACTO		ESCALA	
A 90 - 100	D 40 - 59	0 (sem impacto)		temporal: actual	
B 80 - 89	E 20 - 39	1 a 5 (impacto leve)		espacial: raio < 3 km em torno do local de estudo	
C 60 - 79	F 0 - 19	6 a 10 (impacto moderado)			
		11 a 15 (impacto grande)			
		16 a 20 (impacto sério)			
		21 a 25 (impacto crítico)			

IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES E CATEGORIAS DE CAUDAIS

Indicadores

Introdução

Os indicadores biofísicos são atributos específicos da disciplina do sistema fluvial que respondem a uma mudança do caudal do rio mediante alteração da sua: afluência; concentração; ou extensão (área).

Os indicadores sociais são atributos das estruturas sociais ligadas ao rio que respondem a mudanças na disponibilidade de recursos fluviais (conforme descrito pelos indicadores biofísicos).

Os indicadores são utilizados para caracterizar a situação actual e mudanças que ocorrerão nos caudais, provocadas pelos desenvolvimentos a ter lugar ao longo do rio.

Dentro de cada uma disciplina biofísica, os principais atributos podem ser agrupados se esperar-se que esses atributos respondam da mesma maneira ao regime caudal do rio. Por exemplo, espécies de peixes que se movem para as planícies sujeitas à inundações em quase mesma época e por mesmas razões de reprodução ou alimentação poderão ser agrupadas em Grupo de Peixes X.

Lista indicativa para a Sedimentologia & Geomorfologia

A fim de cobrir as principais características do sistema fluvial e seus utilizadores, poderão ser julgados necessários vários indicadores. Contudo, para qualquer um dos locais da ACA, o número de indicadores está limitado a dez (ou menos) de maneira a tornar possível a gestão do processo. A lista completa dos indicadores foi elaborada por Dominique Mazvimazvi (Botswana), Collin Christian (Namíbia) e Helder de Andrade e Sousa (Angola), representantes dos países na disciplina Sedimentologia & Geomorfologia, os quais contaram com a assistência, orientação e colaboração activa do especialista em geomorfologia fluvial Mark Rountree (África do Sul). Essa lista é conforme a apresentada na

Tabela 0.1. Outros detalhes de cada indicador, estão detalhados no Capítulo 0.

Tabela 0.1 indicadores para a disciplina de Sedimentologia e Geomorfologia Lista dos indicadores para a Sedimentologia e Geomorfologia e aqueles indicadores escolhidos para representarem cada local

Nº Indicador	Nome do Indicador	Sítios Representados		
		1 -Capico	2- Mucundi	3- Kuito Kuanavale
1	Extent of exposed rocky habitat in main channels.	No	Yes	No
2	Extent of coarse sediments on the bed	No	No	No
3	Cross sectional area of bank full channel	Yes	Yes	Yes
4	Extent of backwater areas (slow/no flow areas)	Yes	No	Yes
5	Extent of exposed sandbars at low flow	No	No	No
6	Extent of vegetated islands	No	Yes	No
7	Percentage silt & clay in the top of the floodplain	No	No	Yes
8	Extent of the floodplain inundated each wet season	No	No	Yes
9	Extent of inundated pools/pans on floodplain	No	No	Yes
10	Extent of cut banks along the active channel	Yes	No	Yes

Descrição e localização dos indicadores

Mencionar cada indicador da sua lista da tabela acima, com detalhes de cada em subtítulos conforme demonstrado a seguir.

Indicador geomorfológico nº 1

Nome: **Extent of exposed rocky habitat in main channels**

Descrição: Aqui, trata-se dos leitos rochosos que – durante os períodos de médio a alto caudal - são cobertos pela coluna de água, e que – nos períodos de baixo caudal - afloram á superfície. Este indicador é presente em Mucundi, onde o substrato granítico resistente aflora por cerca de 60-70 m ao longo do leito do canal e quase cobrindo toda a sua largura.

Outras características: neste troço, o canal se apresenta notavelmente amplo e pouco profundo, onde é frequente a presença de degraus rípidos e de bruscos saltos de pendência que determinam a formação de rápidos; não obstante, o substrato aflorante é quase que totalmente colonizado por uma subtil mas densa camada de organismos incrustantes, de forma estelar, providos de vários tentáculos ciliados e com ramificações foliculares.

Posição do caudal relacionado: no leito, ao longo e/ou ao largo do traçado do canal.

Necessidades conhecidas de água: A exposição desses habitat rochosos requer caudais médio-baixos.

Indicador geomorfológico nº 2

Nome: **Extent of coarse sediments on the bed**

Descrição: embora ocorram em alguns troços do rio Cubango (p.ex. nos arredores de Caiundo) e possam, em geral, ocorrer entre troços de alto gradiente na parte angolana da bacia, este indicador é ausente nos troços fluviais em qualquer dos três sítios estudados. Ressalte-se que, nos troços correspondentes aos sítios estudados, a maior parte dos sedimentos transportados como carga de fundo é constituído por areias finas retrabalhadas da Formação Kalahari, provenientes ou da carga transportada desde montante, ou da erosão das margens e do canal, ou ainda da erosão das terras circundantes.

Posição do caudal relacionado: lá onde ocorrem, os sedimentos grosseiros formam pequenas barras regularmente distribuídas ao longo do eixo e das margens do canal.

Necessidades conhecidas de água: a distribuição deste tipo de sedimentos ao longo do canal requer caudais altos e variáveis.

Indicador geomorfológico nº 3

Nome: **Cross sectional area of bank full channel**

Descrição: este indicador refere-se à secção transversal do canal principal (ou canal ordinário), isto é, do canal definido pelo curso de águas nas cheias ordinárias; este, que tem margens geralmente nítidas e colonizadas por vegetação permanente, distingue-se do canal de magra (lowstream channel) ocupado pelas águas durante os períodos de baixos caudais.

Em Capico (UIA1), as margens do canal ordinário (bankfull channel) são muito estreitas e se estendem por cerca de 3 m de um lado e doutro das margens externas do canal de magra (lowstream channel); a sua secção transversal apresenta forma em V assimétrica, com larguras em torno dos 30-40 metros e profundidades máximas em torno dos 3,5 m no regime de caudais baixos.

No rio Cubango, em Mucundi (UIA2), as margens do canal ordinário (bankfull channel) também se estendem por cerca de 3 m de um lado e doutro das margens externas do canal de magra (lowstream channel); aqui, dificilmente se distinguem das margens do canal de magra, seja pela sua estreiteza, seja porque os contornos do canal de magra são também pouco perceptíveis na paisagem, em virtude da densa vegetação que a cobre. Não obstante, observou-se que a secção transversal do canal varia grandemente ao longo do troço estudado: parte dele apresenta um perfil transversal em V aberto e de margens assimétricas, com larguras em torno dos 50 - 60 m e profundidades máximas em torno de 3,5; na parte do traçado mediano, aí onde corta o substrato resistente, o perfil transversal é mais assimilável à forma de U, de fundo muito articulado mas aproximadamente plano, e com águas geralmente rasas mas que podem, em alguns pontos, atingir profundidades da ordem dos 2 m.

Em Cuito-Cuanavale (UIA3), as margens são bem definidas e, de acordo com os valores de profundidade obtidos ao longo do eixo e das margens, os perfis transversais do canal apresentam forma em V assimétrica, com troços de maior e menor profundidade que - com regularidade - se vão alternando ao longo do canal e de uma margem para outra, sugerindo a presença de sequências pools/riffles.

Posição do caudal relacionado: interior do canal definido pelo regime de margens plenas (bankfull channel).

Necessidades conhecidas de água: a área da secção transversal do canal de cheia (Cross sectional area of bankfull channel) define-se sob o regime de cheias ordinárias, pelo que este indicador responde às normais condições de caudais altos e, nessas condições, se mantém em equilíbrio dinâmico. Alterações às condições de fluxo, que se afastem da norma, podem conduzir ao aumento (caudais superiores aos normais) ou redução (caudais inferiores aos normais) das áreas ocupadas pelo canal em cada ponto ao longo do seu traçado: com o tempo, o aumento dos caudais poderia conduzir ao alargamento do canal por erosão lateral, enquanto a redução dos caudais poderia favorecer as acções deposicionais e o gradual estreitamento do canal.

Indicador geomorfológico nº 4

Nome: **Extent of backwater areas**

Descrição: o indicador Extent of backwater areas refere-se à *extensão areal* ocupada pelos corpos de águas conectadas ao rio, mas não afectadas pelas suas correntes; os backwaters são, portanto, corpos de águas calmas, paradas ou mesmo estagnantes.

Nos sítios Capico Mucundi e Kuito Kuanavale os corpos de águas calmas encontram-se em correspondência das margens convexas dos meandros, ocupando as faixas depressivas presentes nos depósitos de “point bar”; no Kuito-Kuanavale, encontram-se também ao longo de algumas margens, e em troços de meandro abandonado que apresentam um dos extremos conectados ao canal principal.

Outras características: com exceção dos correspondentes aos troços de meandro abandonado, os backwaters apresentam-se mascarados por uma densa vegetação que os coloniza, dificultando o seu reconhecimento, nos três sítios estudados.

Posição do caudal relacionado: troços marginais do canal principal e troços de meandro abandonado.

Necessidades conhecidas de água: de modo geral, e em virtude de serem estreitamente dependentes dos níveis de água no canal principal, as áreas ocupadas pelos backwaters crescem ou decrescem em função do aumento ou decréscimo dos caudais.

Indicador geomorfológico nº 5

Muitos foram os que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a feitura deste relatório. De entre eles, em primeiro lugar, a Dr. Jackie King que não poupou esforços na orientação da escritura do relatório, a Dr. Cate Brown que nos Workshops sempre se mostrou disponível a dar os esclarecimentos necessários, e o Eng^o Manuel Quintino que, desde sempre, se caracterizou pela sua disponibilidade em partilhar e fazer fluir informações de grande utilidade.

Os meus agradecimentos vão também para os Dr.s Mark Rountree e Collin Christian pela ajuda dada na modelagem das curvas de resposta e - juntamente com o Dr. Dominique Mazvimazvi - nas discussões que conduziram à selecção dos indicadores.

Um Projecto de Protecção Ambiental e Gestão Sustentável da Bacia do Rio Okavango (PAGSO) está sendo implementado sob auspícios da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Uma das actividades inscritas no projecto é a realização de uma análise diagnóstica transfronteiriça (ADT) que visa o desenvolvimento de um Plano Estratégico de Acções para a bacia. A ADT consiste na análise de actuais e futuras causas de eventuais problemas transfronteiriços entre os três países membros da bacia, nomeadamente: Angola, Namíbia e Botswana. O Comité Directivo da Bacia de Okavango (OBSC) da Comissão da Bacia do Rio Okavango (OKACOM) notou durante a reunião do mês de Março em Windhoek, Namíbia, que os eventuais problemas futuros dentro do Rio Okavango ocorrerão mais provavelmente devido aos desenvolvimentos que modificarão os regimes de caudais. O OBSC ainda notou que existem informações inadequadas acerca dos efeitos físico-químicos, ecológicos e sócio-económicos desses possíveis desenvolvimentos. O OBSC recomendou nessa reunião que uma Avaliação do Caudal Ambiental (ACA) seja realizada para antecipar eventuais mudanças a serem causadas pelo desenvolvimento no regime do caudal do sistema do Rio Okavango, as mudanças ecológicas relacionadas, e os impactos consequentes sobre as populações que utilizam os recursos do rio.

A ACA é uma actividade conjunta do Projecto PAGSO e do Projecto Biokavango. Uma parte da ACA constará de uma série de estudos específicos do país por especialistas, dentre os quais o Relatório Sedimentologia & Geomorfologia para Angola.

Os objectivos da ACA são:

- apresentar uma síntese de toda a informação relevante sobre o sistema do Rio Okavango e seus utilizadores, e proceder a recolha de novos dados necessários dentro termos da ACA fazer uso destas informações para apresentar cenários de possíveis cursos de desenvolvimento no futuro para apreciação dos decisores, permitindo que os decisores discutam e façam negociações em aspectos inerentes ao desenvolvimento sustentável da Bacia do Rio Okavango;
- incluir em cada cenário o principal impacto ecológico positivo e negativo, recurso-económico e social dos desenvolvimentos em causa;
- concluir esse conjunto de actividades como ACA piloto, devido às limitações de tempo, estes resultados servirão de contribuições para a ADT e uma futura ACA mais abrangente.

Os objectivos específicos são:

- determinar em diferentes pontos ao longo do sistema do Rio Okavango, incluindo o Delta, os relacionamentos existentes entre o regime do caudal e a natureza ecológica e o funcionamento do ecossistema do rio;
- determinar os relacionamentos existentes entre o ecossistema do rio e os modos de vida das populações ribeirinhas;
- prever as eventuais mudanças causadas por desenvolvimentos no regime do caudal e consequentemente ao ecossistema do rio;
- prever os impactos dessas mudanças do ecossistema do rio sobre os modos de vida das populações.

Fazer uso dos resultados da ACA com a melhoria da gestão da biodiversidade do Delta.

Desenvolver capacidades para a realização das ACAs em Angola, no Botswana, e na Namíbia.

O presente relatório compõe-se de seis Capítulos, referências bibliográficas e X anexos; cada capítulo, eventualmente dividido em secções, aborda os seguintes aspectos:

Capítulo 1 – é a parte introdutiva onde se explica o porquê do projecto e do presente estudo, os respectivos marcos e objectivos, as principais instituições envolvidas, os patrocinadores do projecto, assim como a estruturação do presente relatório.

Capítulo 2 – este capítulo descreve as características gerais da Bacia do Okavango, o modo como foi subdividido em áreas de amostragem (designadas por unidades integradas de análise), o porquê dessa divisão, os sítios onde - dentro de cada uma dessas áreas de amostragem – concentrar as pesquisas, as disciplinas escolhidas para o desenvolvimento das pesquisas, as características gerais de cada um desses sítios em Angola e, finalmente, as respectivas características sob o ponto de vista geomorfológico e sedimentológico.

Capítulo 3 – neste capítulo, especificam-se os principais indicadores escolhidos para a compreensão - sob o ponto de vista geomorfológico e sedimentológico - do comportamento fluvial ao longo de toda a bacia; também se descreve cada um desses indicadores, a sua eventual presença e localização no interior de cada sítio estudado, e o modo como respondem às variações dos caudais.

Capítulo 4 – aqui, explica-se a abordagem seguida na análise da bibliografia, a extensão da bibliografia encontrada, as pesquisas efectuadas, assim como os resultados obtidos em função dos indicadores reconhecidos.

Capítulo 5 – neste capítulo, faz-se referência á metodologia seguida para a obtenção e análise dos dados, os resultados obtidos , e as conclusões.

Capítulo 6 – este Capítulo trata da Relação da curva de resposta do caudal para uso na ACA-SAD (Sistema de Apoio de Tomada de Decisão) do Okavango

Referências Bibliográficas

A Bacia do Rio Okavango consiste de áreas drenadas pelos rios Cubango, Cutato, Cuchi, Cuelel, Cuebe, e Cuito em Angola, o Rio Okavango na Namíbia e Botswana, e o Delta do Okavango (Imagem 0.1). Do ponto de vista topográfico, esta bacia inclui a área que foi drenada pelo actual Rio fóssil de Omatako na Namíbia. As descargas do Delta do Okavango são drenadas através dos rios Thamalakane e Boteti, este último aflui para a Bacia (Depressão) do Makgadikgadi. O Rio Nata, que drena a parte ocidental do Zimbabué, também aflui para a Bacia de Makgadikgadi. Assim, na base da topografia, a Bacia do Rio Okavango inclui a Bacia de Makgadikgadi e a Bacia do Rio Nata (Imagem 0.2). Entretanto, o presente estudo, se concentra em partes da bacia em Angola e na Namíbia, e no complexo do Rio Panhandle/Delta/Boteti no Botswana. As Bacias do Makgadikgadi e do Rio Nata não estão nele contemplados.

Nenhum estudo poderia de maneira pormenorizada descrever cada extensão do rio dentro da Bacia do Rio Okavango, ou cada pessoa que reside dentro desta área, em especial um estudo piloto como o actual. Ao invés disso, áreas representativas que são razoavelmente homogêneas em carácter poderão eventualmente ser demarcadas e usadas para representatividade de áreas muito maiores, e em seguida um ou mais pontos representativos escolhidos em cada um como sendo área de ênfase para actividades de recolha de dados. Os resultados de cada um dos locais representativos podem em seguida ser extrapolados para as áreas maiores.

A utilização desta abordagem, implicará a demarcação da Bacia em Unidades Integradas de Análise (PAGSO/Biokavango Relatório nº. 2; Relatório sobre o Delineamento) pela: Divisão do rio em zonas longitudinais relativamente homogênea em termos de: hidrologia;

geomorfologia;
química da água;
peixes;
invertebrados aquáticos;

Local 1: Rio Cueba em Capico

O sítio do Capico está localizado na parte sul do município de Menongue. Ele enquadra-se na Unidade Integrada de Análise (UIA) nº 3. Capico dista há 110 quilómetros à sul de Menongue, a capital da província do Kuando Kubango, em direcção à fronteira com a Namíbia. As suas coordenadas geográficas são: latitude - 15°33' Sul; longitude - 17°34' Este. A altitude da zona varia entre 1160 e 1250 metros. A maioria das pessoas que vivem em Capico pertencem ao grupo étnico Ngangela. Existe em Capico um pequeno grupo de residentes que pertencem ao grupo étnico Tchokwe (originários da província do Moxico), que durante a guerra civil deslocaram-se da sua área de origem e fixaram a sua residência em Capico. As povoações existentes nas imediações de Capico são: Massosse e Bitângua à Norte e Caïndo à Sul.

O rio Cuébe, um dos afluentes do rio Cubango (Okavango) é a única fonte de água na área.

A principal vegetação da área é do tipo bosques de *Burkea-Brachystegia* que se desenvolvem sobre as areias do Kalahari.

Os principais modos de vida da população local são a Agricultura de sequeiro (durante a estação chuvosa que ocorre entre Outubro e Abril), a Pesca artesanal usando o rio Cuébe, a recolha de frutos silvestres e a Caça. O artesanato é também praticado pela população local.

vegetação;
harmonização dos resultados de cada disciplina num conjunto de zonas biofísicas do rio;
divisão da bacia em áreas relativamente homogéneas em termos de sistemas sociais;
harmonização das zonas biofísicas do rio e as áreas sociais num conjunto de Unidades Integradas de Análise (UIAs).

As 19 UIAs reconhecidas foram em seguida apreciadas por cada equipa nacional como candidatas para a localização do número de sítios afectados dos locais de estudo:

Angola: três locais
Namíbia: dois locais
Botswana: três locais.

Devido à proximidade da povoação de Capico ao rio Cuébe, este último é usado de forma intensiva pela população local. Apesar da sua secção estreita em Capico, as margens do rio não são muito afectadas pela inundação, devido a profundidade do rio nesta secção.

Local 2: Rio Cubango em Mucundi

O sítio de Mucundi está localizado na parte sul do município de Menongue, à jusante da povoação de Caïndo. Ele enquadra-se na UIA nº 2. Mucundi dista há 192 quilómetros à sul de Menongue, a capital da província do Kuando Kubango, em direcção à fronteira com a Namíbia. As suas coordenadas geográficas são: latitude - 16°13' Sul; longitude - 17°41' Este. A altitude da zona varia entre 1120 e 1250 metros. As pessoas residentes em Mucundi pertencem ao grupo étnico Ngangela. As povoações existentes nas imediações de Mucundi são: Chimbuetta à Norte e Kendelela à Sul.

O rio Cubango (Okavango), depois de receber as contribuições dos rios Cutato, Cuchi, Cuélei e Cuébe, é maior fonte de água na zona.

A principal vegetação da área é do tipo bosques *Burkea-Brachystegia* que se desenvolvem sobre as areias de Kalahari.

Os principais modos de vida das populações locais são a Agricultura de sequeiro (durante a época chuvosa que ocorre entre Outubro e Abril), Pesca artesanal usando o rio Cubango (Okavango) e produção pecuária. A Apicultura é também praticada na zona, mas numa escala reduzida.

Devido à proximidade da povoação do Mucundi ao rio Cubango (Okavango), este último é utilizado de forma intensiva pelas populações locais. A margem direita do rio não é muito afectada pelas inundações devido à sua elevação topográfica. Durante o pico da estação chuvosa (Fevereiro – Abril), a margem esquerda do rio fica eventualmente inundada.

O sítio do Cuito Cuanavale está situado na parte leste da provincia do Kuando Kubango. Ele enquadra-se na UIA nº 6. O sítio encontra-se no município do mesmo nome. O Cuito Cuanavale dista há 189 quilómetros da cidade de Menongue, a capital da provincial do Kuando Kubango, na direcção leste para quem viaja para o município de Mavinga. As suas coordenadas geográficas são: latitude - 15°10' Sul; longitude - 19°12' Este. A população residente no Cuito Cuanavale pertence ao grupo étnico Ngangela. As povoações existentes nas imediações do Cuito Cuanavale são: Sacalumbo à Noroeste, Chissamba à Nordeste, Bocota à Sul, Caripa à Sudoeste e Samungure à Sudeste.

O sítio localiza-se há 3 quilómetros à jusante da confluência dos rios Cuito e Cuanavale. A altitude da zona varia entre 1180 e 1250 metros.

O principal vegetação da area é do tipo de bosques *Burkea-Brachystegia* que se desenvolvem sobre as areias do Kalahari.

Os principais modos de vida da população local são a Agricultura de sequeiro (durante a época das chuvas que ocorre entre Outubro e Abril), Pesca artesanal usando os rios Cuito e Cuanavale Rivers, a recolha de frutos silvestres e a Caça.

O rio Cuito é usado de forma intensiva pela população local. Embora consideravelmente profundo, existe nas imediações do sítio uma planície de inundação, que inunda durante o pico das estação das chuvas (Fevereiro – Abril).

As características morfológicas mais marcantes do Rio Cuebe, em Capico, podem ser visualizadas conforme o esquema ilustrativo acima dado. Nele, é possível observar que o canal do rio apresenta um andamento muito sinuoso com vários troços rectilíneos, e é encaixado no interior de um vale com perfil em V estreito, limitado por paredes altas e abruptas, e com fundo bastante estreito para apenas conter as margens ordinárias do canal fluvial. Em alguns troços, as paredes altas do vale se alternam com estreitas faixas depressivas de fundo aproximadamente planar, e com frequente exposição do substrato rochoso, o que mostra corresponderem à áreas afectadas por processos principalmente erosivos do rio, durante as fases de inundação, já que as rupturas de pendência que marcam as respectivas margens externas coincidem com os limites máximos atingidos pelas águas durante os eventos de cheias excepcionais (inundação): tratam-se, portanto, de planícies de inundação, incipientes pela sua pequena extensão areal. Em outros troços, o flanco do vale se apresenta cortado por incisões que conectam, imediatamente à montante, com bacias de extensão apreciável, e cujo fundo rugoso é juncado de blocos erodidos das suas áreas marginais; essas são bacias que actuam como colectores e integram linhas de escorrência de água curtas, muito profundas e com grandes pendências ao longo do seu

perfil longitudinal (gullies), as quais por vezes se unem formando redes que confluem para o interior dela; as formas relativamente jovens que o conjunto apresenta, demonstram a intensidade dos processivos erosivos lineares (gullyng) e areais (surface washing) activos

no interior dessas bacias, testemunhando também a sua grande importância no fornecimento de sedimentos (areias e seixos) ao sistema fluvial.

As características típicas de um estágio de maturidade inicial do desenvolvimento do curso fluvial que apresenta - sublinhadas também pelas apreciáveis pendências do canal e do fundo do vale onde se encaixa, as quais mostram que o perfil longitudinal do curso fluvial ainda não está completamente regularizado, pelo menos ao longo deste troço - podem ser devidas às características do substrato que cortam: este, é constituído por camadas de arenito bem consolidado e de grão muito fino, alternadas com bancadas gresosas e calcáreas muito resistentes, e com a ocorrência – no topo da sucessão – de concreções lateríticas frequentemente bastante espessas e formando couraça.

O canal por onde flui o rio Cuebe, ao longo do troço compreendido nesta UIA, apresenta um perfil transversal assimétrico, a avaliar pelas profundidades medidas nas adjacências da margem direita (Md), na parte central (C) e nas adjacências da margem esquerda (Me) ao longo de 3 perfis localizados na estação hidrométrica e ~50 metros a jusante e a montante dela, conforme a tabela abaixo (os valores entre parêntesis referem-se à elevação da margem do canal de magra (+h) acima da superfície da água):

Os valores acima dados mostram também que o leito do canal apresenta um andamento ondulado, neste troço apreciavelmente rectilíneo, facto que testemunha a alternância, ao longo das margens e na parte central do canal, de áreas de maior profundidade (pools) com áreas de águas mais rasas (riffles).

As margens do canal apresentam alguns troços constituídos por lama + matéria orgânica (MO) consolidada, assim como troços constituídos por areias massivas muito finas e friáveis: em ambos os casos, se apresentam colonizados por vegetação variável ao longo de todo o traçado, com prevalência de canaviais mangais, palmeiras etc.; é de se remarcar que, em muitos pontos do traçado rectilíneo, essas margens apresentam sinais de “slumping” activo e potencial, com linhas de destaque situadas ao longo do contacto com as rochas do substrato (no caso das margens constituídas por lama), e nas proximidades do contacto com a massa de água (para as margens constituídas por areias massivas). A esse processo, que contribui para o fornecimento de carga detrítica para o rio, se acrescenta processos de erosão marginal principalmente concentrado ao longo das margens côncavas do meandro (cut bank), e cujos produtos tendem a depositar-se prevalentemente em correspondência da margem convexa imediatamente adjacente (point bar), e a profundidades muito baixas, pelo que esta se encontra densamente colonizada por vegetação típica de zonas pantanosas (canaviais, etc).

O Rio Cubango, em Mucundi, apresenta características morfológicas cujos traços principais são as que podem ser visualizadas no esquema ilustrativo acima dado. O canal deste rio, que apresenta um andamento muito sinuoso alternado a pequenos troços rectilíneos, é encaixado no interior de um vale com perfil em V estreito, limitado por paredes altas e abruptas, de fundo suficientemente estreito para apenas conter o canal fluvial, e cujas margens ordinárias (bankfull channel) dificilmente se distinguem das margens do **canal de magra** (lowstream channel); acrescenta-se que, ambos os tipos de margens são dificilmente perceptíveis na paisagem. Tal como na UIA 1, as paredes altas e abruptas que constituem os flancos do vale do Cubango no troço da UIA 2, parecem estar estreitamente relacionadas com as características do substrato que cortam, o qual é constituído por camadas de arenito de grão muito fino, bem consolidados, alternadas com bancadas gresosas e calcáreas muito resistentes, e com a ocorrência – no topo da sucessão – de concreções lateríticas que por vezes se apresentam com espessuras tais que formam couraça.

As paredes do vale se alternam, ao longo de alguns troços, com estreitas depressões de fundo aproximadamente planar que cortam o substrato, se inclinam ligeiramente para o continente, e cuja superfície apresenta – em muitos pontos – depósitos de lama muito escura; estas depressões correspondem à áreas afectadas por processos erosivos e deposicionais do rio durante as fases de inundação, mesmo porque as rupturas de

pendência que marcam as respectivas margens externas coincidem com os limites máximos atingidos pelas suas águas durante os eventos de inundação: tratam-se, portanto, de planícies de inundação, geralmente de pequena extensão areal, embora seja de se registar a presença de uma com extensão bastante significativa, localizada ao longo de quase todo o comprimento da margem esquerda da área de estudo, e cujas margens externas se adentram por cerca de 200 m para o interior do continente. As paredes do vale apresentam-se também – em alguns pontos, cortadas por pequenas bacias mas de apreciável extensão areal, as quais funcionam como áreas de recolha e de passagem dos detritos (areias e seixos) resultantes de erosão areal (washing) e linear (gullyng) das respectivas áreas marginais á montante; os flancos rípidos e livres de detritos que apresentam as formas lineares no interior dessas bacias, assim como as altas pendências dos respectivos perfis longitudinais e das áreas marginais, são testemunhos da intensidade dos processos erosivos activos nessas bacias, assim como da sua grande importância no contributo sedimentar ao sistema fluvial adjacente.

Quanto à geometria que o canal do rio Cubango apresenta, ela é bastante irregular ao longo do troço observado nesta UIA, conforme é possível constatar pelas profundidades que apresenta nos seguintes perfis transversais observados de montante para jusante da Estação Hidrométrica (EH), onde Md = margem direita, C = parte central, Me = margem esquerda do canal, e (+h) = elevação da margem do canal de magra, acima da superfície da água:

Refira-se que o substrato granítico resistente - que aflora á superfície e sob uma espessura de poucos centímetros de água por quase toda a largura do leito do canal e ao longo de cerca de 60-70 m de comprimento, e que mormente nas áreas marginais foi erodido até profundidades em torno de 1 m – apresenta uma superfície muito áspera devida á abrasão fluvial, com ocorrência de sulcos, fendas e depressões de geometria irregular e dimensões centimétricas a métricas, assim como depressões em bacia com profundidades em torno do metro e diâmetros que podem atingir 2 a 3 m, e cujos fundos são preenchidos por pequenas quantidades de areia de grão grosseiro, bem seleccionado, e com raros seixos; os rápidos, que caracterizam a corrente neste troço significativamente amplo e retilíneo, são incrementados, mormente na parte mais á jusante, pela presença de degraus cujos saltos – em conjunto – superam grandemente 2 m de altura. As variações de pendência do canal e do fundo do vale que o encaixa – apreciáveis ao longo deste troço - mostra que o perfil longitudinal deste curso fluvial ainda não está regularizado.

As características do canal acabadas de descrever, assim como as do fundo do vale acima descritas, são típicas de um estágio de maturidade inicial do desenvolvimento do curso fluvial e são indicativos da grande potencialidade dos processos de aprofundamento que poderão ocorrer pelo menos neste troço do Rio Cubango.

Relativamente ás margens do canal, estas apresentam raros troços onde aflora o substrato resistente, sendo que na maior parte do traçado são mormente constituídos por lama + matéria orgânica (MO) consolidada, alternados por pequenos troços constituídos por areias massivas muito finas e friáveis: nestes dois últimos casos, as margens são marcadamente estreitas e se apresentam colonizados por vegetação variável ao longo de todo o traçado, com prevalência de canaviais, mangais, palmeiras etc.; em muitos pontos, essas margens apresentam sinais de “slumping” activo e potencial, com linhas de destaque situadas ao longo do contacto com as rochas do substrato (no caso das margens constituídas por lama), e no contacto com a massa de água (para as margens constituídas por areias massivas): os sinais de “slumping”, amplamente distribuídos ao longo do traçado da UIA 2, mostram a prevalência actual dos processos de erosão lateral (alargamento do canal) – sobre os processos de aprofundamento. A esse processo de erosão marginal, que contribui para o fornecimento de carga detrítica para o rio, se acrescentam aos que principalmente se concentram ao longo das margens côncavas do meandro (cut bank), e cujos produtos tendem a depositar-se prevalentemente em correspondência de margens convexas imediatamente adjacentes, e a profundidades muito baixas, pelo que esta se encontra densamente colonizada por vegetação típica de zonas pantanosas (canaviais, etc).

Alguns dos traços morfológicos principais do Rio Kuito-Kuanavale, na área escolhida como UIA 3, são as que podem ser visualizadas nos esquemas ilustrativos A e B acima dados. Assim, como no esquema A, é possível observar que este rio apresenta um canal á meandros que livremente se desenvolve no interior de uma ampla planície de inundação, onde facilmente se podem encontrar braços de meandros abandonados uns em forma de “oxbow lakes”, outros ainda com uma das extremidades conectadas ao canal principal. Nas áreas marginais em torno desses canais, o pavimento da planície aluvial se encontra quase totalmente coberto por vegetação frequentemente rasteira, mormente erbácea, e a qual se distribui em manchas fáclmente distinguíveis quer pela diversa tonalidade de verde, quer pela diversa densidade de ocupação do terreno, aspectos esses que parecem estar estreitamente relacionados com o teor de humidade presente em cada uma dessas manchas; de facto, foi observada a presença de vegetação mais densa, mais variada e de maiores dimensões nos pontos em que o terreno se apresentava mais húmido e por vezes encharcado (swamps), zonas mais vastas e menos húmidas ocupadas quase exclusivamente por vegetação erbácea (e intensamente utilizada para pastorícia), e faixas ainda menos húmidas – principalmente localizadas nas proximidades das margens da planície aluvial – onde a vegetação rasteira se encontra esparsamente distribuído no terreno: nesta última faixa é frequente encontrarem-se escavações antropogénicas de dimensões variadas, resultantes da intensa extracção dos sedimentos silto-argilosos constituintes desses terrenos, sedimentos esses que a população utiliza para a feitura de blocos destinados á construcção das respectivas habitações.

O amplo vale onde se insere a planície de inundação é cortado nas areias massivas muito finas e pouco coerentes da formação Kalahari e apresenta flancos altos ora mediamente inclinados para o vale, ora com pendências mais abruptas. O flanco direito deste vale é, em vários pontos, cortado por longas e profundas ravinas (gullyes) cujas cabeceiras se situam no interior das terras altas á sua montante – principalmente nas áreas ocupadas pelo denso aglomerado que constitui a população do Kuito Kuanavale - e as quais formam bacias de drenagem notávelmente amplas e com significado apreciável no contributo sedimentar que aportam á planície aluvial e ao sistema fluvial adjacente, sem esquecer o contributo que é de se atribuir aos processos areais (“splash erosion” e “sheet wash”) também activos nessas vertentes; o notável contributo em carga sedimentar que esses processos dão ao sistema fluvial é parcialmente testemunhado pela presença, no pavimento da planície de inundação, de espessas camadas de lama argilo-siltosa entre as quais se intercalam lentes de areia muito fina e de pequenas espessuras nas adjacências do canal (que podem resultar da deposição por “overbank” de sedimentos fluviais provenientes dos cursos á montante) e que por vezes atingem a ordem do metro em alguns pontos afastados da adjacência do canal fluvial (que podem resultar, portanto, da erosão nas vertentes adjacentes).

Ao longo do troço observado nesta UIA 3, o canal do rio Kuito-Kuanavale – que corta os sedimentos silto-argilosos e arenosos da sua planície de inundação - apresenta uma geometria assimétrica bastante regular nas secções transversais, e com leito de andamento não uniforme, conforme é evidenciado pelas profundidades variando regularmente de 3 a 4 m ao longo da parte central do seu curso, enquanto os perfis transversais apresentavam profundidades variando de 1 a 2 m, de modo alternado, nas adjacências de uma e de outra margem; naturalmente, ao longo dos perfis transversais, as profundidades maiores se situavam nas proximidades das margens côncavas e, também, no eixo dos troços entre as curvas de meandro. Esses caracteres sugerem a presença de ondulações ao longo do leito do canal (sand waves?), com troços de maior profundidade (pools) alternando-se a outros de

águas mais rasas (riffles): pelas observações de campo, não suficientemente confirmadas por medições adequadas, os “pools” se localizam ou na parte central do canal ou em troços adjacentes ás margens côncavas, enquanto os “riffles” se situam em pontos de troços entre as curvas marcados por margens mais esbatidas e frequentemente colonizadas por canaviais.

Dentre as formas modeladas pela dinâmica fluvial que foi possível observar nesta área - as quais incluem a planície aluvial e os canais de meandro abandonados que mais acima se referiu, e os “sand waves” acabados de referir - destacam-se os “cut bank” e os “point bar”, os quais testemunham a acção de processos de erosão lateral presentes ao longo de todo o curso, mas principalmente concentrado ao longo das margens côncavas do meandro, assim como de processos de deposição dos sedimentos, os quais tendem a concentrar-se com prevalência nas margens convexas imediatamente adjacentes à jusante, e a profundidades que – na maior parte das vezes – se situa a poucos centímetros abaixo da superfície da água: assim, a maior dos sedimentos que constituem os “point bar” se tornam dificilmente reconhecíveis, principalmente porque se encontram mascarados por uma densa vegetação que os coloniza, constituída mormente por canaviais.

Na área observada, o conjunto formado pelo vale e pelo canal de meandros mostra pendências locais muito baixas, e baixíssimos gradientes do canal ao longo de um perfil longitudinal regularizado: estes aspectos, somados com os acima descritos, são indicativos de que o conjunto se encontra num estágio de maturidade tardia do seu desenvolvimento, em situação de quase-equilíbrio e, por isso mesmo, muito sensível à quaisquer variações cujas amplitudes ultrapassem as capacidades de absorção do sistema.

A tabela seguinte resume a integridade dos habitats em Angola, de acordo com o que foi observado nos sítios analisados, e calculado pelos especialistas das várias disciplinas que integram a equipa angolana.

Os indicadores biofísicos são atributos específicos da disciplina do sistema fluvial que respondem a uma mudança do caudal do rio mediante alteração da sua: afluência; concentração; ou extensão (área).

Os indicadores sociais são atributos das estruturas sociais ligadas ao rio que respondem a mudanças na disponibilidade de recursos fluviais (conforme descrito pelos indicadores biofísicos).

Os indicadores são utilizados para caracterizar a situação actual e mudanças que ocorrerão nos caudais, provocadas pelos desenvolvimentos a ter lugar ao longo do rio.

Dentro de cada uma disciplina biofísica, os principais atributos podem ser agrupados se esperar-se que esses atributos respondam da mesma maneira ao regime caudal do rio. Por exemplo, espécies de peixes que se movem para as planícies sujeitas à inundações em quase mesma época e por mesmas razões de reprodução ou alimentação poderão ser A fim de cobrir as principais características do sistema fluvial e seus utilizadores, poderão ser julgados necessários vários indicadores. Contudo, para qualquer um dos locais da ACA, o número de indicadores está limitado a dez (ou menos) de maneira a tornar possível a gestão do processo. A lista completa dos indicadores foi elaborada por Dominique Mazvimazvi (Botswana), Collin Christian (Namíbia) e Helder de Andrade e Sousa (Angola), representantes dos países na disciplina Sedimentologia & Geomorfologia, os quais contaram com a assistência, orientação e colaboração activa do especialista em geomorfologia fluvial Mark Rountree (África do Sul). Essa lista é conforme a apresentada na

Tabela 0.1. Outros detalhes de cada indicador, estão detalhados no Capítulo 0.

Nome: Extent of exposed rocky habitat in main channels

Descrição: Aqui, trata-se dos leitos rochosos que – durante os períodos de médio a alto caudal - são cobertos pela coluna de água, e que – nos períodos de baixo caudal - afloram á superfície. Este indicador é presente em Mucundi, onde o substrato granítico resistente aflora por cerca de 60-70 m ao longo do leito do canal e quase cobrindo toda a sua largura.

Outras características: neste troço, o canal se apresenta notavelmente amplo e pouco profundo, onde é frequente a presença de degraus rípidos e de bruscos saltos de pendência que determinam a formação de rápidos; não obstante, o substrato aflorante é quase que totalmente colonizado por uma subtil mas densa camada de organismos incrustantes, de forma estelar, providos de vários tentáculos ciliados e com ramificações foliculares.

Posição do caudal relacionado: no leito, ao longo e/ou ao largo do traçado do canal.

Necessidades conhecidas de água: A exposição desses habitat rochosos requer caudais médio-baixos.

Nome: Extent of coarse sediments on the bed

Descrição: embora ocorram em alguns troços do rio Cubango (p.ex. nos arredores de Caiundo) e possam, em geral, ocorrer entre troços de alto gradiente na parte angolana da bacia, este indicador é ausente nos troços fluviais em qualquer dos três sítios estudados. Ressalte-se que, nos troços correspondentes aos sítios estudados, a maior parte dos sedimentos transportados como carga de fundo é constituído por areias finas retrabalhadas da Formação Kalahari, provenientes ou da carga transportada desde montante, ou da erosão das margens e do canal, ou ainda da erosão das terras circundantes.

Posição do caudal relacionado: lá onde ocorrem, os sedimentos grosseiros formam pequenas barras regularmente distribuídas ao longo do eixo e das margens do canal.

Necessidades conhecidas de água: a distribuição deste tipo de sedimentos ao longo do canal requer caudais altos e variáveis.

Nome: Cross sectional area of bank full channel

Descrição: este indicador refere-se á secção transversal do canal principal (ou canal ordinário), isto é, do canal definido pelo curso de águas nas cheias ordinárias; este, que tem margens geralmente nítidas e colonizadas por vegetação permanente, distingue-se do canal de magra (lowstream channel) ocupado pelas águas durante os períodos de baixos caudais.

Em Capico (UIA1), as margens do canal ordinário (bankfull channel) são muito estreitas e se estendem por cerca de 3 m de um lado e doutro das margens externas do canal de magra (lowstream channel); a sua secção transversal apresenta forma em V assimétrica, com larguras em torno dos 30-40 metros e profundidades máximas em torno dos 3,5 m no regime de caudais baixos.

No rio Cubango, em Mucundi (UIA2), as margens do canal ordinário (bankfull channel) também se estendem por cerca de 3 m de um lado e doutro das margens externas do canal de magra (lowstream channel); aqui, dificilmente se distinguem das margens do canal de magra, seja pela sua estreiteza, seja porque os contornos do canal de magra são também pouco perceptíveis na paisagem, em virtude da densa vegetação que a cobre. Não obstante, observou-se que a secção transversal do canal varia grandemente ao longo do troço estudado: parte dele apresenta um perfil transversal em V aberto e de margens assimétricas, com larguras em torno dos 50 - 60 m e profundidades máximas em torno de 3,5; na parte do traçado mediano, aí onde corta o substrato resistente, o perfil transversal é mais assimilável á forma de U, de fundo muito articulado mas aproximadamente plano, e

com águas geralmente rasas mas que podem, em alguns pontos, atingir profundidades da ordem dos 2 m.

Em Cuito-Cuanavale (UIA3), as margens são bem definidas e, de acordo com os valores de profundidade obtidos ao longo do eixo e das margens, os perfis transversais do canal apresentam forma em V assimétrica, com troços de maior e menor profundidade que - com regularidade - se vão alternando ao longo do canal e de uma margem para outra, sugerindo a presença de sequências pools/riffles.

Posição do caudal relacionado: interior do canal definido pelo regime de margens plenas (bankfull channel).

Necessidades conhecidas de água: a área da secção transversal do canal de cheia (Cross sectional area of bankfull channel) define-se sob o regime de cheias ordinárias, pelo que este

indicador responde á normais condições de caudais altos e, nessas condições, se mantém em equilíbrio dinâmico. Alterações ás condições de fluxo, que se afastem da norma, podem conduzir ao aumento (caudais superiores aos normais) ou redução (caudais inferiores aos normais) das áreas ocupadas pelo canal em cada ponto ao longo do seu traçado: com o tempo, o aumento dos caudais poderia conduzir ao alargamento do canal por erosão lateral, enquanto a redução dos caudais poderia favorecer as acções deposicionais e o gradual estreitamento do canal.

Descrição: o indicador Extent of backwater areas refere-se á *extensão areal* ocupada pelos corpos de águas conectadas ao rio, mas não afectadas pelas suas correntes; os backwaters são, portanto, corpos de águas calmas, paradas ou mesmo estagnantes. Nos sítios Capico Mucundi e Kuito Kuanavale os corpos de águas calmas encontram-se em correspondência das margens convexas dos meandros, ocupando as faixas depressivas presentes nos depósitos de "point bar"; no Kuito-Kuanavale, encontram-se também ao longo de algumas margens, e em troços de meandro abandonado que apresentam um dos extremos conectados ao canal principal.

Outras características: com excepção dos correspondentes aos troços de meandro abandonado, os backwaters apresentam-se mascarados por uma densa vegetação que os coloniza, dificultando o seu reconhecimento, nos três sítios estudados.

Posição do caudal relacionado: troços marginais do canal principal e troços de meandro abandonado.

Necessidades conhecidas de água: de modo geral, e em virtude de serem estreitamente dependentes dos níveis de água no canal principal, as áreas ocupadas pelos backwaters crescem ou decrescem em função do aumento ou decréscimo dos caudais.

Indicador geomorfológico nº 5

Nome: Extent of backwater areas

Nome: Extent of exposed sandbars at low flow

Descrição: este indicador refere-se aos corpos arenosos (sand bars) depositados pelo rio no interior do canal e que tendem a ficar expostos nos períodos de baixo caudal.

Posição do caudal relacionado: esses corpos arenosos tendem a ser depositados no eixo e nas margens do canal; contudo, nos três sítios visitados durante o final da época seca, não foram vistas barras arenosas em exposição. De sublinhar que, durante a visita, mesmo os depósitos nas margens convexas (point bars) se encontravam submersos por películas de água de poucos centímetros de espessura.

Necessidades conhecidas de água: são muitos os factores intervenientes na formação das barras arenosas, entre eles a disponibilidade em sedimentos a partir das áreas de alimentação e a capacidade de transporte da corrente em cada ponto do canal; as areias que as constituem, transportadas como carga de fundo, depositam-se abaixo da coluna de água quando - por factores vários - a energia da corrente decresce e reduz a sua capacidade de transporte. A exposição das barras arenosas ocorre nos períodos de baixo fluxo, com extensões areais tanto maiores quanto menores forem os níveis de água no interior do canal.

Indicador geomorfológico nº 6

Nome: Extent of vegetated islands

Descrição: este indicador, que se refere á *extensão areal das ilhas colonizadas por vegetação* no interior dos canais fluviais, foi observado apenas na parte montante do troço do rio Cubango em Mucundi, embora as imagens de satélite mostrem sinais de existência de corpos similares em variados pontos dos cursos fluviais na parte angolana da bacia do Okavango. Em Mucundi, apresenta dimensões em torno de 20x60 metros ao longo da parte mediana do canal, e a vegetação que a cobre - de tipo arbórea e arbustiva - assenta sobre solos arenosos, sendo também possível que o solo arenoso assente sobre o substrato granítico que aflora mais á jusante deste troço.

Outras características: em Mucundi, a ilha fluvial é limitada por paredes subverticais, as quais sinalizam a acção de processos erosivos concentrados ao longo das margens.

Posição do caudal relacionado: em geral, ocupam posições na parte mediana do canal.

Necessidades conhecidas de água: por definição, as ilhas permanecem sempre expostas acima do nível das águas do canal, excepto no caso de inundações de carácter excepcional em que podem temporariamente ser submersas: neste último caso, podem sofrer acções deposicionais (se houver suficiente carga de sedimentos provenientes desde montante) ou erosivas (se houver défices de carga sedimentar transportada pela corrente desde montante). Contudo, mesmo em caso de caudais baixos, as acções erosivas podem ocorrer sempre que for deficiente a carga sedimentar transportada pelas correntes, desde as áreas á montante. Assim, para permanecer num estado de equilíbrio dinâmico, as ilhas fluviais requerem caudais e sedimentos que não apresentem variações superiores á norma.

Indicador geomorfológico nº 7

Nome: Percentage of silts and clays in the top 300 mm of the floodplains

Descrição: este indicador refere-se ás percentagens de sedimentos finos (dimensões $\leq 64\mu$) eventualmente presentes nos 300 mm do topo das planícies de inundação, resultantes da deposição durante os períodos de inundação; em Kuito Kuanavale, onde a ampla e extensa planície de inundação se apresenta como um lugar de prevalente sedimentação fluvial, os siltes e as argilas apresentam valores quantitativos muito superiores relativamente aos das areias finas que entre eles se intercalam. Em Capico e Mucundi, as planícies de inundação - em fase de modelamento - são praticamente privos de sedimentos fluviais.

Posição do caudal relacionado: áreas de inundação marginais ao canal principal que, pelos valores baixos ou nulos da velocidade da corrente, permitam a deposição por decantação dos siltes e argilas.

Necessidades conhecidas de água: os siltes e as argilas são partículas que as correntes geralmente transportam como carga em suspensão, e que depositam em ambientes calmos, por decantação; isto significa que, além da concentração relativa deste tipo de sedimentos na água, as taxas de deposição são fortemente dependentes do volume e do tempo de permanência da massa de água sobre a planície de inundação. Portanto, quanto maiores

forem os caudais e a duração das inundações maiores serão as percentagens de silt e argila sobre a planície de inundação.

Indicador geomorfológico nº 8

Nome: Extent of the floodplain inundated during each wet season

Descrição: As planícies de inundação geralmente se apresentam cobertas pela água dos rios durante as inundações; mas a extensão das áreas cobertas pode variar, em função dos volumes de água nelas presentes e em função da extensão da própria planície: no Kuito-Kuanavale a planície de inundação é ampla e extensa, enquanto em Capico e Mucundi apresentam pouca relevância, sendo muito estreitas, pouco extensas, muito espaçadas entre si, e com as superfícies sobre-elevadas a níveis em torno de 0.5 m acima das margens do canal de magra (assim, o indicador não será considerado nestes dois sítios). Contudo, qualquer dessas planícies sempre sofreu inundação completa durante a estação das chuvas, de acordo com as informações dadas pelas populações locais, informações essas compatíveis sejam com os valores altimétricos das referidas planícies, sejam com os dados das estações hidrométricas locais.

Posição do caudal relacionado: faixa que borda o canal principal, entre os flancos do vale fluvial.

Necessidades conhecidas de água: a submersão completa das áreas da planície de inundação requer caudais elevados. Contudo, é de se ter em conta que, a extensão das áreas submersas nas planícies de inundação varia, naturalmente, em função dos volumes de água nelas presentes num determinado intervalo de tempo: isto é, quanto maiores forem os volumes de água, maior será a extensão das áreas ocupadas por essas águas. Por outro lado, os volumes de água que a planície de inundação pode apresentar, num determinado momento, resulta da diferença entre o volume de água entrado e o volume de água saído nesse mesmo intervalo de tempo.

Indicador geomorfológico nº 9

Nome: Extent of inundated pools / pans on floodplains

Descrição: este indicador refere-se á extensão areal das depressões que se situam no interior da planície de inundação, e que permanecem inundadas no final da estação seca; nos sítios estudados da parte angolana da bacia, é apenas presente no Kuito Kuanavale.

Posição do caudal relacionado: interior da planície de inundação; em geral, correspondem a canais de meandro abandonado, sem conexão directa com os níveis de água do canal principal, e são alimentados pelo lençol de água subterrânea. Durante a época seca a área banhada pode reduzir-se em cerca de metade.

Necessidades conhecidas de água: apesar de serem alimentadas pelas águas subterrâneas durante a estação seca, a extensão das áreas banhadas, nessas depressões, aumenta com o aumento dos caudais nas épocas de inundação.

Indicador geomorfológico nº 10

Nome: Extent of cut banks along the active channel

Descrição: este indicador, representado nos três sítios estudados, refere-se á extensão longitudinal da erosão nas margens do canal principal, a qual depende, naturalmente, dos materiais que a constituem.

Posição do caudal relacionado: a) No Kuito-Kuanavale o canal corta os sedimentos da sua planície de inundação, pelo que as margens são constituídos essencialmente por depósitos silto-argilosos com intercalações de lentes arenosas, bem coerentes, e com caracteres

granulométricos e de erodibilidade bastante homogêneos ao longo de todo o traçado. Aqui, a erosão das margens é mais evidente nas margens côncavas do canal de meandro, mas ocorre também por erosão basal seguido de “slumping” ao longo de troços “rectilíneos”.

b) Em Capico e Mucundi a erosão não ocorre significativamente ao longo das margens do canal principal, devido á resistência dos materiais que as constituem; mas ocorre ao longo das margens do canal de magra, por “slumping”, principalmente em correspondência de troços constituídos por areias massivas muito finas e friáveis e, em menor grau, nos troços silto-argilosos mais resistentes.

Necessidades conhecidas de água: foi observado, nos três sítios estudados, que a erosão das margens do canal de magra ocorre principalmente através de erosão basal seguido de “slumping”, mesmo em condições de baixos caudais. Não foi possível avaliar a influência que os caudais mais altos poderiam exercer sobre as margens do canal de magra; contudo, comportariam, seguramente, efeitos erosivos sobre as margens do canal principal.

Categorias de caudais – sítios do rio

Um dos principais pressupostos subjacentes ao processo da ACA a ser usado na ADT é que é possível identificar de diferentes maneiras as partes do regime do caudal que são ecologicamente relevantes e descrever sua natureza usando os registos hidrológicos históricos. Nesse contexto, um dos primeiros passos para qualquer rio no processo da ACA, é fazer consultas ao ecologista fluvial local afim de identificar estas categorias mais importantes de caudais do ponto de vista ecológico. Este processo foi seguido durante o Workshop de Preparação realizado em Setembro de 2008 e quatro categories de caudais foram acordadas para os locais da Bacia do rio Okavango:

Época seca (Dry)

Época de transição 1 (Trans 1)

Época de inundações (Wet)

Época de transição 2. (Trans 2)

As divisões sazonais provisórias para os locais 1-5 do rio estão demonstradas na Imagem 0.5. Estas divisões sazonais serão formalizadas pela equipa de hidrologistas do projecto em forma de norma dentro do modelo hidrológico. A título provisório, eles providenciam contribuições valiosas no regime do caudal do sistema fluvial, sugerindo uma alta variabilidade do caudal dentro do período de um ano, no Rio Cuebe e uma alta variabilidade do Rio Cubango dentro do periodo de um ano.

Planea-se utilizar caudais sazonais semelhantes para os restantes locais do rio: 6 e 8.

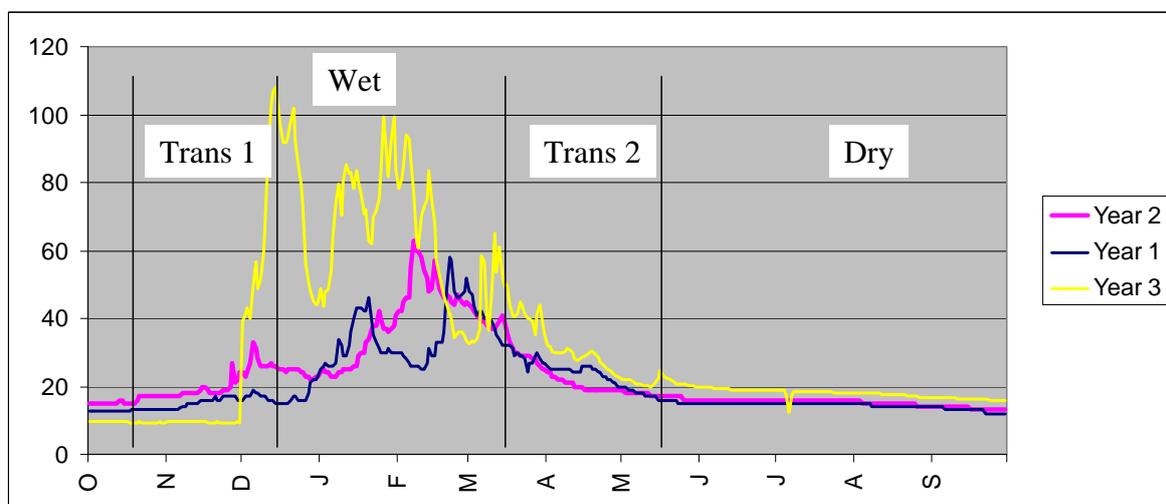


Imagem 0.1

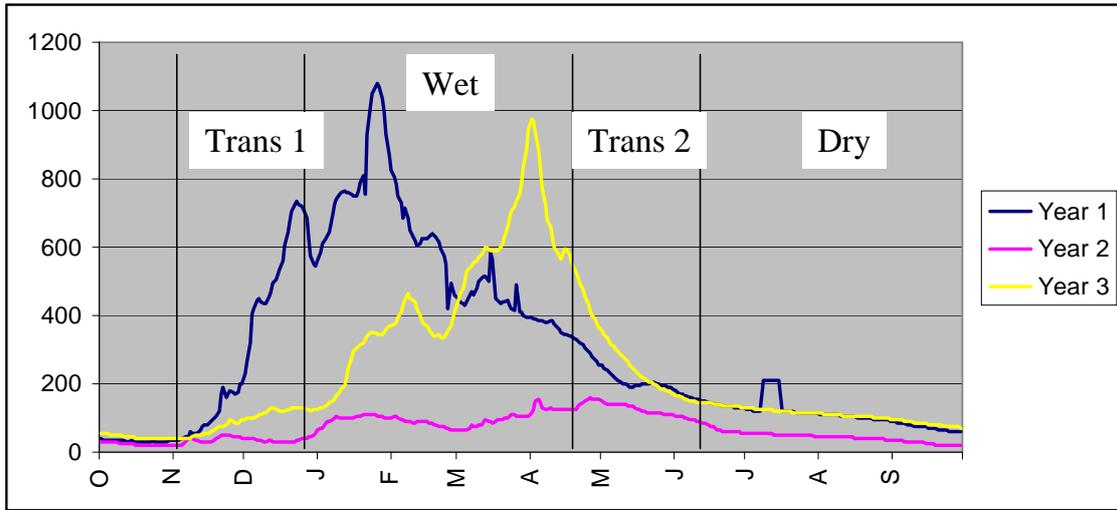


Imagem 0.2

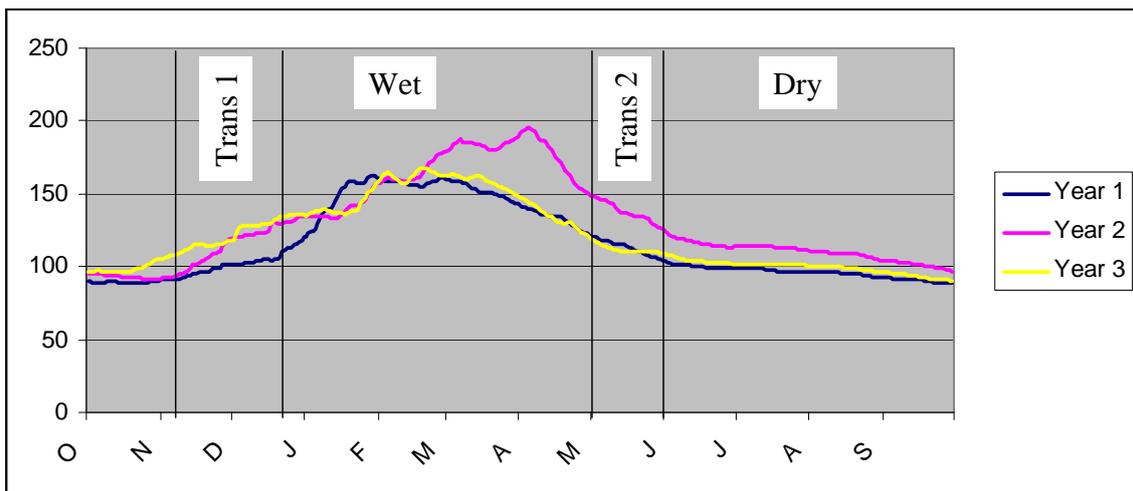


Imagem 0.3

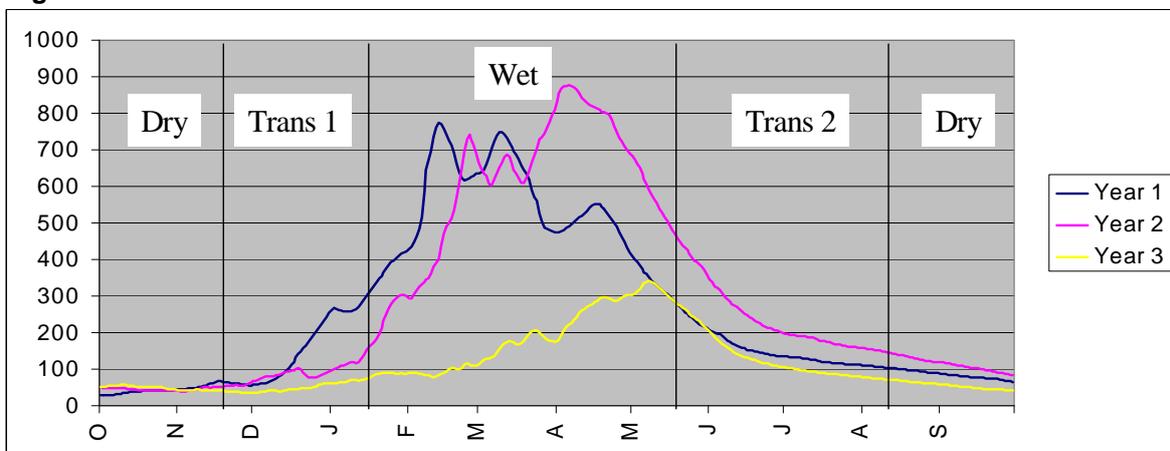


Imagem 0.4
quatro estações de caudais

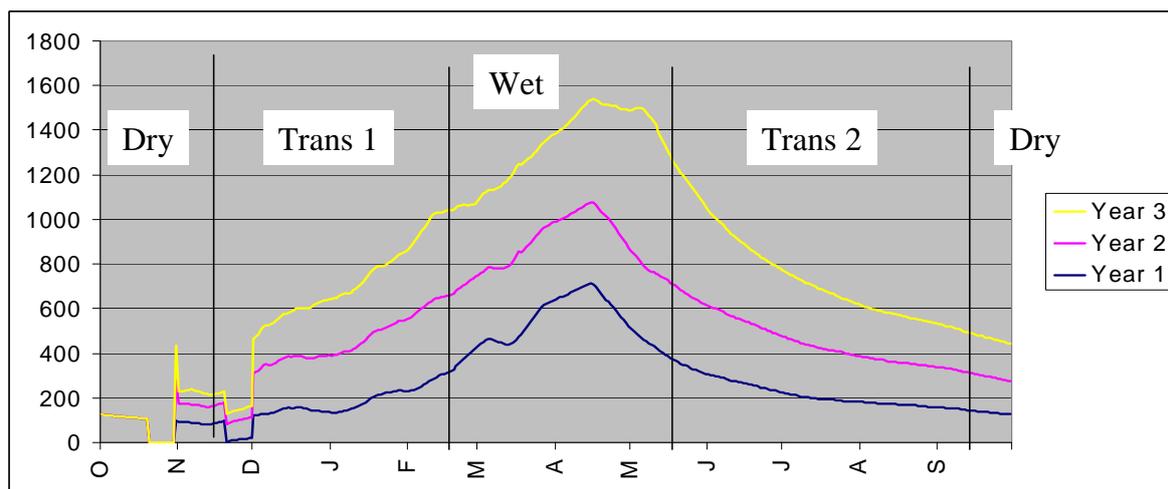


Imagem 0.5
do caudal em quatro estações de caudais

A análise da bibliografia (Capítulo 0) e recolha de dados e os exercícios de análise (Capítulo 0) se concentra na abordagem do resultado inicialmente esperado a serem as nove principais perguntas relacionadas com estas estações de caudais (Tabela 0.2).

Tabela 0.2

Número da pergunta	Época	Resposta do indicador se:
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o modo/média natural
2		Os níveis das águas são mais altos ou baixo que o modo/média natural
3		Demora-se mais que o modo/médianatural
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o modo/média natural - i.e. a hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade
5		Os fluxos são mais ou menos variáveis que o modo/média natural e assim como a sua extensão
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o modo/média natural – a sincronização com a chuva poderá se alterar
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o modo/média natural
9		A duração é mais longa ou maus curta que o modo/média natural – i.e. a hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade

Categorias de inundação – pontos do Delta

As categorias reconhecidas de caudais do rio não são relevantes no Delta, onde portanto, a inundação é o principal propulsor da forma e do funcionamento do ecossistema. As principais categorias de inundação reconhecidas pelo modelo de inundação desenvolvido pelo Centro de Pesquisas Harry Oppenheimer do Delta Okavango (HOORC) são usados no presente documento (Tabela 0.3).

Tabela 0.3

Número de categoria de inundação	Nome da categoria de inundação	Descrição

(Nesse momento, quer o hidrólogo principal, assim como os especialistas do Delta estão a trabalhar na definição das principais categorias de inundação para o Delta, e estas definições serão providenciadas a equipa do Botswana logo que tenham finalizado essa actividade.)

ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA

Introdução

Parte-se da premissa que o signatário não tem publicações especificamente relacionadas com o sistema fluvial; ademais, parece existirem, em Angola, muito poucas publicações com dados que permitam – sob o ponto de vista geomorfológico e sedimentológico - obter informações relevantes sobre o rio Cubango ou mesmo sobre os rios vizinhos; contudo, foi possível obter informações importantes a partir dos seguintes trabalhos:

- Mendelsohn J. & Obeid S., (2005), “Rio Okavango: a fonte da vida”, Struik Publishers, Cape Town.

- ?, (1974), “Esquema de aproveitamento hidráulico do Rio Cubango, volume V- estudo geológico”, relatório da Direcção Provincial dos Serviços Hidráulicos.

- Quintela Góis, C.A., (1968), “O Regime de Cheias do Cubango”, Fomento (Lisboa) 6, pp 221-226.

Nestas condições, a selecção e a análise da bibliografia teve que ter em conta os seguintes aspectos principais:

1- A necessidade de se actualizar e aprofundar o conhecimento sobre o sistema fluvial no seu conjunto, sobre as suas variáveis internas, e sobre o modo como interagem com o meio envolvente, principalmente no interior da bacia de drenagem: uma revisão geral das obras clássicas de geomorfologia que foi possível recolher localmente, revelou que – sobre a “geomorfologia fluvial” - a maior parte delas não ia para além das noções básicas e gerais, além de terem sido redigidas há mais de 30 anos; assim, deu-se particular atenção à obra “GEOMORFOLOGIA” de António Christofolletti, 1974 (2ª edição reimpressa em 1986), Editora Edgard Blucher Ltda, Brasil, aqui usada como referência principal, pelo tratamento mais profundo e abrangente que deu ao tema.

2- A necessidade de se actualizar e aprofundar o conhecimento sobre o modo como, diante dos estímulos internos e externos, as variáveis do sistema fluvial reagem individualmente e em conjunto: aqui, as publicações que se podem dispor são vastas e actualizadas, são baseadas em experiências laboratoriais e em estudos feitos sobre rios de várias partes do Mundo, e muitas delas com dados resumidos disponíveis “on-line” (principal endereço consultado: <http://www.sciencedirect.com>).

As publicações que foram seleccionadas e analisadas com maior profundidade são as que versaram sobre o papel e comportamento das variáveis de tipo geomorfológico e sedimentológico reconhecidas nas UIA 1, 2 e 3 como as que maior influência exercem na parte angolana do sistema fluvial do Okavango e que – pela frequência com que são referidas na bibliografia – parecem ser também as que maior influência exercem nos sistemas fluviais do planeta. Essas variáveis relacionam-se estreitamente com os indicadores escolhidos e muitas delas respondem de um modo solidário às oscilações dos caudais, embora os resultados de tais respostas - sobre as componentes do ecossistema - nem sempre se manifestem de modo linear, mas frequentemente contrastantes.

Para melhor compreender como funciona o ecossistema do rio Okavango na parte angolana da bacia, analisou-se o papel das variáveis que influenciam os seguintes indicadores, e o modo como ambas respondem aos estímulos internos e externos ao sistema fluvial:

- 1- Extent of exposed rocky habitat in main channels.
- 2- Extent of coarse sediments on the bed
- 3- Cross sectional area of bank full channel
- 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)
- 5- Extent of exposed sandbars at low flow

- 6- Extent of vegetated islands
- 7- Percentage silt & clay in the top of the floodplain
- 8- Extent of the floodplain inundated each wet season
- 9- Extent of inundated pools/pans on floodplain
- 10- Extent of cut banks along the active channel

Indicador nº 1 - Extent of exposed rocky habitat in main channels

Principais características do Indicador 1 Extent of exposed rocky habitat in main channels

Este indicador relaciona-se com os leitos rochosos que – durante os períodos de médio a alto caudal - são cobertos pela coluna de água, e que – nos períodos de baixo caudal - afloram á superfície. Este indicador, que apenas responde á variação dos caudais, é presente em Mucundi, onde o substrato granítico resistente aflora por cerca de 60-70 m ao longo do leito do canal e quase cobrindo toda a sua largura. Esse substrato, aflorante, é quase que totalmente colonizado por uma subtil mas densa camada de organismos incrustantes, de forma estelar, providos de vários tentáculos ciliados e com ramificações foliculares.

Ligação ao caudal

Naturalmente, a variação dos caudais é função do regime de precipitações na bacia e das abstracções de água ao sistema: variações desses factores que tendam a provocar significativas reduções nos caudais do rio, comportam a exposição desses habitat rochosos: a extensão da exposição é inversamente proporcional á redução dos caudais, e isso poderá acarretar consequências nocivas para a biota neles residente, principalmente se tais variações se prolongarem no tempo.

Indicador nº 2 - Extent of coarse sediments on the bed

Principais características do Indicador 2 Extent of coarse sediments on the bed

Este indicador é ausente nos troços fluviais em qualquer dos três sítios estudados, embora ocorram em alguns troços do rio Cubango, por exemplo nos arredores de Caiundo, onde o canal - com uma configuração de tipo “braided” – apresenta o leito plano juncado de pequenas barras constituídas por seixos e cascalhos pouco rolados; essas barras distribuem-se regularmente ao longo do eixo e das margens do canal.

A distribuição deste tipo de sedimentos, ao longo do canal, requer uma alta variabilidade de cargas (e de gradientes) no regime do rio, onde troços com valores mais baixos de *carga sólida* e da relação *carga de fundo/carga em suspensão* se alternam com troços caracterizados por altos valores de *carga sólida* e da relação *carga de fundo/carga em suspensão* relacionados com regimes de caudais altos.

Naturalmente, essas variáveis dão uma ideia da capacidade e competência dos rios ao longo dos troços considerados assim como do volume e granulometria dos sedimentos que o rio pode dispor á partir das fontes. É de se notar, contudo, que :

- Nos troços visitados em Mucundi e Kuito Kuanavale, os sedimentos fluviais - presentes nos canais, nas margens e nas planícies de inundaçãõ - mostravam pouca variabilidade granulométrica, sendo a fracção mais grosseira representada por areias finas provenientes da formação Kalahari, pelo que se pode supor que elas constituem a maior parte da sua carga de fundo. Em Capico, além da areia muito fina, foram vistos seixos e cascalhos sobre as margens do canal principal, durante o período de inundaçãõ.

References on Discharge (Q) and sediment load (Qs)

- Beechie T. J. et al. (2006) "Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems", <http://www.sciencedirect.com>.
- Chang H.H. (2003), "Minimum stream power and river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Christofoletti, António "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2ª edição reimpressa em 1986.
- Harnischmacher S. (2007), "Thresholds in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Darby S. (1998), "Process-form interactions in unstable sand-bed river channels: A numerical modeling approach", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Rinaldi M. (2006) "Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response", <http://www.sciencedirect.com>
- Thompson D.M. (2002), "Geometric adjustment of pools to changes in slope and discharge: a flume experiment", <http://www.sciencedirect.com>
- Thompson D.M. & Hoffman K.S. (2001) Equilibrium pool dimensions and sediment-sorting patterns in coarse-grained, New England channels, <http://www.sciencedirect.com>

Ligação ao caudal

Nos troços correspondentes á UIA 2 e 3, os canais fluviais parecem não transportar cargas detríticas com variações granulométricas apreciáveis, já que os sedimentos fluviais que foram encontrados nesses locais são representados por uma fracção "grosseira" constituída essencialmente por areia muito fina, e uma fracção fina de constituição silto-argilosa. Os sedimentos que constituem as margens também reflectem essa composição, sendo muito provável que o mesmo ocorra também com os sedimentos que atapetam o fundo dos canais. Embora em Capico se tenha observado a mesma tendência, sobre o pavimento das margens do canal principal foram verificadas, contudo, a ocorrência de seixos e cascalhos rolados durante o período de inundação .

Não tendo sido notada, nos troços dos três sítios estudados, fluxos significativos de carga de fundo no final da época seca e no início da estação das chuvas, é provável que o transporte de maiores volumes dessa fracção se dê em momentos de caudais maiores que as existentes no início da estação húmida.

Indicador nº 3 - Cross sectional area of bank full channel

Principais características do Indicador 3- Cross sectional area of bank full channel

Este indicador compreende um grupo de caracteres morfológicos representáveis em perfil transversal (a largura e a profundidade do canal) caracteres esses que se mantêm mutuamente ajustados e em equilíbrio dinâmico, ao longo de troços caracterizados por fluxos de matéria e energia que não apresentem flutuações de amplitude superior ás capacidades de absorção do conjunto no interior de cada troço; por outras palavras, em cada diferente troço do traçado fluvial, a largura e a profundidade do canal tendem a equilibrar-se entre si e de modo tal que resultem também em equilíbrio com os caudais, com a carga sedimentar transportada e com a velocidade das correntes que caracterizam esse troço.

É também de se referir que este indicador responde ás variações da pendência, do traçado planimétrico, e do gradiente dos troços á montante e á jusante do ponto a considerar, em virtude desses caracteres influírem sobre a velocidade da corrente. Por outro lado, a secção transversal do canal pode também variar em função da distribuição de eventuais sequências "pool-riffle" ao longo do leito, sequências essas cuja distribuição responde á variações da velocidade da corrente e da carga sedimentar transportada.



References on Cross sectional area of bank full channel:

- Beechie T. J. et al. (2006) "Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems", <http://www.sciencedirect.com>
- Chang H.H. (2003), "Minimum stream power and river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Chitale S.V. (2003), "Theories and relationships of river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Christofolletti, António "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2ª edição reimpressa em 1986.
- Doyle M.W. & Shields Jr. F.D. (2000), "Incorporation of bed texture into a channel evolution model" <http://www.sciencedirect.com>
- Harnischmacher S. (2007), "Thresholds in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany", <http://www.sciencedirect.com>.
- Latubresse, E.M. (2008) "Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers", *Geomorphology*, Vol. 101, Issues 1-2, Oct. 2008, Pg. 130-145
- Lisle T. (1979), "A sorting mechanism for a riffle-pool sequence" *Geological Society of America Bulletin*, Part 11.v.90, p.1142-1157, 3 figs., July 1979, Doc.nº. M90703.
- Lofthouse C. & Robert A. (2007), "Riffle-pool sequences and meander morphology", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Darby S. (1998), "Process-form interactions in unstable sand-bed river channels: A numerical modeling approach", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Rinaldi M. (2006) "Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response", <http://www.sciencedirect.com>
- Surian, Nicola & Rinaldi, Massimo (2002) "Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy", Copyright © 2002 Elsevier Science B.V.
- Thompson D.M. (2002), "Geometric adjustment of pools to changes in slope and discharge: a flume experiment", <http://www.sciencedirect.com>.
- Thompson D.M. & Hoffman K.S. (2001) Equilibrium pool dimensions and sediment-sorting patterns in coarse-grained, New England channels, <http://www.sciencedirect.com>
- Xu Jiongxin, (1996), "Wandering braided river channel pattern developed under quasi-equilibrium: an example from the Hanjiang River, China; <http://www.sciencedirect.com>.
- Xu Jiongxin, (1996), "Channel pattern change downstream from a reservoir: An example of wandering braided rivers", *Geomorphology*, Vol. 15, Issue 2, March 1996, Pages 147-158

Ligação ao caudal

O indicador referido está intrinsecamente ligado á vários aspectos biogeográficos presentes no interior do sistema fluvial (pools, pans, backwaters, banks, bars, etc.): assim, uma qualquer significativa variação de caudal (sólido ou líquido) que implique uma variação de forma do canal, pode acarretar - como consequência – uma variação local da qualidade, extensão e distribuição das diversas unidades fisiográficas que dão suporte ás comunidades animais e vegetais típicas.

- O incremento dos processos erosivos que actualmente se verificam nas terras altas adjacentes aos canais fluviais nas UIA 1, 2 e 3, podem levar á excessos da carga sedimentar fluvial que impliquem modificações na forma e na fisiografia de cada um desses locais; os detritos poderão inicialmente distribuir-se:

a) na UIA 3, ao longo dos bordos externos da planície de inundação, o que requererá caudais altos para a sua mobilização e transporte para os troços á jusante; a porção que entrar eventualmente no interior do canal, devido á baixa granulometria, pode não conduzir á significativas alterações morfológicas e/ou fisiográficas se os caudais sólidos e líquidos se mantiverem dentro dos limites normais; mas, em virtude da grande erodibilidade dos terrenos que o envolvem, poderá haver um volume de sedimentos dentro do canal fluvial que supere a capacidade de transporte do rio e, neste caso, o conjunto poderá ser levado a

reajustar-se às novas condições, através da alteração da geometria e distribuição das formas do leito (pools e riffles), acompanhada por redução da profundidade, eventual aumento da largura do canal, eventual alteração da configuração planimétrica e eventual alteração do gradiente energético, todas essas alterações reflectindo-se, naturalmente, na secção transversal do canal e na distribuição dos caracteres biogeográficos ao longo dela; b) nas UIA 1 e 2, em virtude das margens estreitas ao longo dos bordos do sistema fluvial, os detritos – de granulometria variável mas com apreciáveis percentagens das fracções grosseiras (seixos e cascalhos) - poderão entrar directamente no interior do canal e reduzir a sua profundidade nas fases de baixo caudal, e serem posteriormente remobilizados e transportados para jusante durante os períodos de caudais altos, se o volume e a granulometria dos detritos não excederem a competência e a capacidade de transporte do rio nestes troços; caso contrário, e dentro de curtos intervalos de tempo, é difícil prever o comportamento de todas as variáveis morfológicas nos troços das UIA 1 e 2, em virtude dos respectivos canais estarem condicionados por rochas muito resistentes ao longo das margens e do leito; em intervalos de tempo maiores, é previsível que o canal se desenvolva através de processos erosivos prevalentemente verticais (aprofundamento + estreitamento do canal) que levem os gradientes a regularizarem-se e a ajustarem-se aos dos troços a jusante, em resposta aos aumentos locais da carga sedimentar e das dimensões granulométricas no interior do canal.

- Variações na secção transversal do canal, imputáveis à dinâmica fluvial, também podem ocorrer por processos de “slumping” activos e potenciais que se verificam ao longo das margens do canal de magra na UIA 1, e em maior grau na UIA 2: esses processos desenvolvem-se por acção de lâminas de água que promovem o descalçamento da base seguida por desabamento e, por isso, podem continuar a desenvolver-se mesmo com caudais baixos, embora possam sofrer incrementos de velocidade com caudais progressivamente mais altos.

Indicador nº 4 - Extent of backwater areas (slow/no flow areas)

Principais características do Indicador 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)

O indicador Extent of backwater areas refere-se à *extensão areal* ocupada pelos corpos de águas conectadas ao rio, mas não afectadas pelas suas correntes; portanto, também este indicador responde apenas às variações dos caudais do rio, ocupando extensões tanto maiores quanto maiores forem os caudais, e reduzindo a extensão à medida em que se reduzem os caudais. Nos sítios Capico Mucundi e Kuito Kuanavale os *backwaters* encontram-se em correspondência das margens convexas dos meandros, ocupando as faixas depressivas presentes nos depósitos de “point bar”; no Kuito-Kuanavale, encontram-se também ao longo de algumas margens, e em troços de meandro abandonado que apresentam um dos extremos conectados ao canal principal.

Ligação ao caudal

Naturalmente, a variação dos caudais é função do regime de precipitações na bacia e das abstracções de água ao sistema; variações desses factores que tendam a provocar significativas reduções nos caudais do rio, tenderão a reduzir, em proporção directa, a extensão das áreas ocupadas pelos *backwaters*, e vice-versa, já que esta depende estreitamente dos níveis de água no canal principal.

Indicador nº 5: Extent of exposed sandbars at low flow

Principais características do Indicador nº5 Extent of exposed sandbars at low flow

Este indicador refere-se aos corpos arenosos (sand bars) depositados pelo rio no interior do canal e que tendem a ficar expostos nos períodos de baixo caudal. Os *sandbars* tendem a ser depositados no eixo e nas margens do canal; contudo, nos três sítios visitados durante o final da época seca, não foram vistas barras arenosas em exposição. De sublinhar que, durante a visita, mesmo os depósitos nas margens convexas (point bars) se encontravam submersos por películas de água de poucos centímetros de espessura.

Indicador nº 6: Extent of vegetated islands

Principais características do Indicador nº6 Extent of vegetated islands

Este indicador, que se refere à *extensão areal das ilhas colonizadas por vegetação* no interior dos canais fluviais, foi observado apenas na parte montante do troço do rio Cubango em Mucundi, embora as imagens de satélite mostrem sinais de existência de corpos similares em variados pontos dos cursos fluviais na parte angolana da bacia do Okavango. Em Mucundi, apresenta dimensões em torno de 20x60 metros ao longo da parte mediana do canal, e a vegetação que a cobre - de tipo arbórea e arbustiva - assenta sobre solos arenosos, sendo também possível que o solo arenoso assente sobre o substrato granítico que aflora mais a jusante deste troço. Esta ilha é limitada por paredes subverticais, as quais sinalizam a acção de processos erosivos concentrados ao longo das margens.

References on Channel Dynamics:

- Chang H.H. (2003), "Minimum stream power and river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Chitale S.V. (2003), "Theories and relationships of river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Christofoletti, António "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2ª edição reimpressa em 1986.
- Latubresse, E.M. (2008) "Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers", *Geomorphology*, Vol. 101, Issues 1-2, Oct. 2008, Pg. 130-145
- Simon A. & Darby S. (1998), "Process-form interactions in unstable sand-bed river channels: A numerical modeling approach", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Rinaldi M. (2006) "Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response", <http://www.sciencedirect.com>
- Surian, Nicola & Rinaldi, Massimo (2002) "Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy", Copyright © 2002 Elsevier Science B.V.
- Xu Jiongxin, (1996), "Wandering braided river channel pattern developed under quasi-equilibrium: an example from the Hanjiang River, China; <http://www.sciencedirect.com>.
- Xu Jiongxin, (1996), "Channel pattern change downstream from a reservoir: An example of wandering braided rivers", *Geomorphology*, Vol. 15, Issue 2, March 1996, Pages 147-158

Ligação ao caudal

Por definição, as ilhas permanecem sempre expostas acima do nível das águas do canal, excepto no caso de inundações de carácter excepcional em que podem temporariamente ser submersas: neste último caso, podem sofrer acções deposicionais (se houver suficiente carga de sedimentos provenientes desde montante) ou erosivas (se houver défices de carga sedimentar transportada pela corrente desde montante). Contudo, mesmo em caso de caudais baixos, as acções erosivas podem ocorrer sempre que for deficiente a carga

sedimentar transportada pelas correntes, desde as áreas á montante. Assim, para permanecer num estado de equilíbrio dinámico, as ilhas fluviais requerem caudais e sedimentos que não apresentem variações superiores á norma.

Indicador nº 7: Percentage silt & clay in the top of the floodplain

Principais características do Indicador 7 Percentage silt & clay in the top of the floodplain

Quando desenvolvidas, a planície de inundação apresenta formas que se relacionam com as águas fluviais nas fases de inundação, sendo um lugar de prevalente deposição de sedimentos relacionados com essa fase. Este indicador refere-se justamente  s percentagens de sedimentos finos (dimensões $\leq 64\mu$) eventualmente presentes nos 300 mm do topo das planícies de inundação, resultantes da deposição durante os referidos perıodos de inundação;   presente em Kuito Kuanavale, onde a ampla e extensa planície de inundação se apresenta como um lugar de prevalente sedimentação fluvial: aqui, os siltes e as argilas apresentam valores quantitativos muito superiores relativamente aos das areias finas que entre eles se intercalam. Em Capico e Mucundi, as planícies de inundação - em fase de modelamento – são pr ticamente privos de sedimentos fluviais.

References on Floodplains Dynamics & Discharge (Q) and Sediment Load

- Beechie T. J. et al. (2006) "Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems", <http://www.sciencedirect.com>.
- Chang H.H. (2003), "Minimum stream power and river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Christofoletti, Ant nio "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2^a edição reimpressa em 1986.
- Harnischmacher S. (2007), "Thresholds in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany", <http://www.sciencedirect.com>
- Lisle T. (1979), "A sorting mechanism for a riffle-pool sequence" Geological Society of America Bulletin, Part 11.v.90, p.1142-1157, 3 figs., July 1979, Doc.n . M90703.
- Lofthouse C. & Robert A. (2007), "Riffle-pool sequences and meander morphology", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Darby S. (1998), "Process-form interactions in unstable sand-bed river channels: A numerical modeling approach", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Rinaldi M. (2006) "Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response", <http://www.sciencedirect.com>
- Thompson D.M. (2002), "Geometric adjustment of pools to changes in slope and discharge: a flume experiment", <http://www.sciencedirect.com>
- Thompson D.M. & Hoffman K.S. (2001) Equilibrium pool dimensions and sediment-sorting patterns in coarse-grained, New England channels, <http://www.sciencedirect.com>

Ligação ao caudal

A deposição dos sedimentos silto-argilosos assume valores significativos nas áreas de inundação, marginais ao canal principal, as quais, pelos valores baixos ou nulos da velocidade da corrente, permitem a deposição dos siltes e argilas; essas áreas de decantação situam-se mormente nas adjacências das faixas de meandros, a nıveis geralmente superiores à estas. Contudo, os siltes e as argilas são partıculas que as correntes geralmente transportam como carga em suspensão, e que depositam em ambientes calmos, por decantação: isto significa que, além da concentração relativa deste tipo de sedimentos na água, as taxas de deposição são fortemente dependentes do volume e do tempo de permanência da massa de água sobre a planície de inundação. Portanto, quanto maiores forem os caudais, a carga em suspensão transportada pelo rio, e a duração

das inundações maiores serão as percentagens de silt e argila presentes sobre a planície de inundação.

Indicador nº 8: Extent of the floodplain inundated each wet season

Principais características do Indicador nº8 Extent of the floodplain inundated

As planícies de inundação são formas planejantes modeladas pelos rios durante as inundações, e geralmente se apresentam cobertas pela água dos rios durante as inundações. Contudo, a extensão das áreas cobertas pode variar, em função dos volumes de água nelas presentes e em função da extensão da própria planície: no Kuito-Kuanavale a planície de inundação é ampla e extensa, enquanto em Capico e Mucundi são muito estreitas, pouco extensas, muito espaçadas entre si, e com as superfícies sobre-elevadas a níveis em torno de 0.5 m acima das margens do canal de magra (o indicador não será tido em conta nestes dois últimos sítios, pela pouca relevância que apresentam). Em qualquer dos casos, essas planícies têm sempre sofrido inundação completa durante a estação das chuvas, de acordo com as informações dadas pelas populações locais, informações essas compatíveis sejam com os valores altimétricos das referidas planícies, sejam com os dados das estações hidrométricas locais.

References on Floodplains Dynamics

- Beechie T. J. et al. (2006) "Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems", <http://www.sciencedirect.com>.

-Christofoletti, António "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2ª edição reimpressa em 1986.

Ligação ao caudal

Quando desenvolvidas, a planície de inundação apresenta formas que se relacionam com as águas fluviais nas fases de inundação, sendo um lugar de prevalente deposição de sedimentos relacionados com essa fase. A submersão completa das áreas da planície de inundação requer caudais elevados. Contudo, é de se ter em conta que, a extensão das áreas submersas nas planícies de inundação varia, naturalmente, em função dos volumes de água nelas presentes num determinado intervalo de tempo: isto é, quanto maiores forem os volumes de água, maior será a extensão das áreas ocupadas por essas águas. Por outro lado, os volumes de água que a planície de inundação pode apresentar, num determinado momento, resulta da diferença entre o volume de água entrado e o volume de água saído nesse mesmo intervalo de tempo.

Indicador nº 9 - Extent of inundated pools/pans on floodplain

Principais características do Indicador nº 9 Extent of inundated pools/pans

Este indicador, que se refere á extensão areal das depressões que se situam no interior da planície de inundação, as quais permanecem inundadas no final da estação seca é, nos sítios estudados da parte angolana da bacia, apenas presente no Kuito Kuanavale, correspondendo a canais de meandro abandonado, sem conexão directa com os níveis de água do canal principal: eles, sendo alimentados pelo lençol de água subterrânea durante a estação seca, as respectivas áreas banhadas podem reduzir-se em cerca de metade. Contudo, com o aumento dos caudais nas épocas de inundação, aumenta a extensão das áreas que ocupam.

Ligação ao caudal

A variação dos caudais é função do regime de precipitações na bacia e das abstracções de água ao sistema; variações desses factores que tendam a provocar significativas reduções nos caudais do rio, tenderão a reduzir, em proporção directa, a extensão das áreas ocupadas pelos *backwaters*, e vice-versa, já que esta depende estreitamente dos níveis de água no canal principal.

Indicador nº 10 - Extent of cut banks along the active channel

Principais características do Indicador nº 10 Extent of cut banks

Aqui dá-se particular atenção á extensão da erosão ao longo das margens do canal activo: verificou-se que a extensão da erosão ao longo das margens dos canais, nos três sítios estudados, é variável não só em função da variação dos caudais, mas também em função da erodibilidade (erodibility) e da granulometria (grain size) dos materiais que constituem as margens desses canais. Há várias situações:

- a) no Kuito-Kuanavale - cujo canal corta os sedimentos da sua planície de inundação - as margens são constituídas essencialmente por depósitos silto-argilosos com intercalações de lentes arenosas, bem coerentes, e com caracteres granulométricos e de erodibilidade bastante homogêneos ao longo de todo o traçado; aqui, a erosão das margens é mais evidente nas margens côncavas do canal de meandro, mas também ocorre em alguns pontos ao longo de troços "rectilíneos", através de erosão basal seguido de "slumping".
- b) Em Capico e Mucundi, o canal de magra apresenta margens com troços muito erodíveis, constituídos por areias massivas muito finas, friáveis e com sinais de "slumping" activo, e troços mais resistentes constituídos por depósitos silto-argilosos bem consolidados mas com sinais de "slumping" potencial, sinalizadas pelo modo como a vegetação, ao longo das margens, se inclina para o rio. Já o canal principal - que corta rochas resistentes do substrato arenítico e greso-calcáreo - não apresenta evidentes sinais de erosão ao longo das margens, as quais seriam, contudo, modeladas durante o período das inundações.

References on Cut Banks

- Christofoletti, António "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2ª edição reimpressa em 1986.
- Harnischmacher S. (2007), "Thresholds in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Darby S. (1998), "Process-form interactions in unstable sand-bed river channels: A numerical modeling approach", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Rinaldi M. (2006), "Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response", <http://www.sciencedirect.com>

Ligação ao caudal

As características dos materiais que constituem as margens do canal fluvial são, na realidade, factores que condicionam o modo como elas respondem ás variações dos caudais no interior do sistema fluvial, já que elas determinam uma maior ou menor resistência á erosão. Mesmo assim, diante da acção erosiva, as margens respondem de modo diferenciado não só em função em função da maior ou menor resistência á erosão dos materiais que as compõem, mas também em função dos caudais e do volume e da granulometria do material transportado pela corrente e utilizado como abrasivo.

Contudo, não está claro em que medida é que cada um dos factores enunciados influi na erosão das margens nos três sítios estudados, onde o processo se desenvolve por acção de lâminas de água que promovem o descalçamento da base seguida por desabamento: a

ocorrência desse processo verificou-se durante o período de caudais baixos, mas pode sofrer incrementos de velocidade com caudais progressivamente mais altos.

Resumo

Foi muito pouco o tempo e os meios (sobretudo de tipo bibliográfico e documental) que foi possível dispor para a realização deste estudo, apesar da disponibilidade e da boa vontade sempre manifestada pelos gestores do Projecto.

Assim, a maior e mais importante impressão com que se fica, é que os dados são poucos, pouco quantificados, e referidos a áreas muito pontuais para permitir conhecer – de modo satisfatório – um sistema tão grande e com componentes tão numerosos e variáveis, como o sistema constituído pelo Rio Okavango; mesmo porque, comportamentos diversos — resultante da extrema variabilidade das componentes - foi verificada existir não apenas entre os cursos dos rios visitados (Cuebe, Cubango e Kuito), mas também entre troços diversos do mesmo curso fluvial, em virtude do diverso condicionamento ambiental (principalmente de tipo litológico, sedimentológico e estrutural) que sofrem estes rios ao longo do traçado. Ademais, em virtude da exigência manifesta de se adaptar as respostas das variáveis morfológicas mais em função das variações dos caudais e da sua incidência sobre as variáveis do ecossistema fluvial, não se teve em devida conta a influência que sobre eles poderiam exercer outras importantes variáveis que, embora externas ao sistema fluvial, condicionam o seu comportamento de modo determinante: é o caso, por exemplo, dos terrenos adjacentes ao sistema fluvial que, respondendo ao mesmo regime de precipitações existente no interior da bacia, podem influir grandemente na quantidade e qualidade de matéria (água e sedimentos) a fluir no interior do sistema fluvial. Naturalmente, se essas variáveis fossem tidas em conta, as respostas dos indicadores teriam sofrido, no mínimo, algumas modificações.

RECOLHA E ANÁLISE DE DADOS

Dadas as limitações de tempo não parece ser possível realizar os estudos quantitativos que seriam de desejar e que cubram áreas significativas da Bacia do Okavango.

Contudo, estão previstas visitas de estudo a mais três pontos na parte angolana da bacia, embora os pontos e as datas de visita ainda não estejam bem definidas, dada a necessidade, ainda presente, de se analisar cuidadosamente os aspectos relacionados com os acessos e com a logística.

Nesses pontos, procurar-se-á obter dados quantificados sobre os indicadores de tipo geomorfológico e sedimentológico seleccionados, assim como aqueles que permitam, dentro do possível, ter uma ideia mais abrangente do comportamento do conjunto da bacia.

Metodologia para recolha e análise de dados

Os locais Capico, Mucundi e Kuito-Kuanavale foram visitados em três períodos diversos, isto é, nas datas entre 15 -17/10/2008 (final da estação seca), entre 18 – 21/11/2008 (início da estação húmida) e entre 9 – 13/03/2009 (auge do período de inundações).

Na primeira visita de campo, dadas as limitações de tempo, apenas foram feitas algumas observações visuais, a tomada de algumas fotografias, alguns inquéritos às populações locais, e algumas medições das profundidades do canal relativamente à superfície da água.

Na segunda visita de campo, os locais foram percorridos a pé e de canoa, tendo sido feitas observações visuais, anotações acuradas, tomadas de fotografias e mensurações da profundidade do canal. Em cada um dos sítios visitados, as profundidades foram medidas ao longo de pelo menos três secções, utilizando uma vara de cerca 5 m de comprimento previamente calibrada com a ajuda de uma fita métrica, e contendo divisões de 0,5 m de intervalo; assim, foram medidas as profundidades relativamente à superfície da água, e entre a superfície da água e as margens do canal de magra; não foi possível medir

directamente a largura do canal em cada sítio visitado, nem foi possível – até agora - obter mapas ou fotografias em escala adequada, que possam permitir o cálculo de tais valores. Na terceira vista de campo, não foi possível fazer nada mais do que observações directas e tomada de fotografias, devido às desfavoráveis condições atmosféricas (tempo chuvoso), à extensão das áreas inundadas e às velocidades locais da corrente.

Resultados

É de se referir, desde já, que não foi possível encontrar dados de tipo sedimentológico nem geomorfológico referente aos rios na parte angolana da bacia do Okavango, nem bibliografia ou outras fontes documentais que relacionem as variáveis de tipo geomorfológico com as variáveis do ecossistema no interior do sistema fluvial.

Assim, e não obstante a escassez de dados quantitativos e qualitativos, históricos e actuais, sobre os rios da parte angolana da Bacia do Okavango, os estudos pontuais realizados nos sítios Capico, Mucundi e Kuito-Kuanavale, sobre os troços dos rios Cuebe, Cubango e Kuito, permitiram observar que estes rios apresentam, em geral, características morfológicas muito diferenciadas entre si, características essas que se reflectem na dinâmica fluvial intrínseca a cada um desses rios.

Assim, o rio Kuito, que apresenta caracteres de um rio muito desenvolvido, corre livremente, e forma meandros no interior de uma planície de inundaçãõ também bem desenvolvida e com baixos gradientes de inclinaçãõ. O rio Cuebe, pelo contrário, flui ao longo de um canal muito estreito, e encaixado no interior de um vale fundo, de paredes abruptas, e que apresenta altos gradientes ao longo do seu traçado. Já o rio Cubango, que em Mucundi também flui no interior de um vale de paredes altas e abruptas, apresenta canais largos e frequentemente de fundo plano, mas com troços de gradientes altos, variáveis, e onde é frequente a ocorrência de degraus e a formaçãõ de rápidos.

As diferenças, que esses rios apresentam entre si, são de se atribuir às características litológicas e estruturais dos terrenos que eles atravessam: o rio Kuito corta terrenos constituídos por areias massivas e friáveis da formaçãõ Kalahari, o rio Cuebe escava o seu curso ao longo de linhas de fractura incidentes sobre terrenos areníticos e greso-calcáreos muito resistentes, enquanto o rio Cubango - que também corre por entre fracturas incidentes sobre terrenos areníticos e greso-calcáreos muito resistentes - assenta o seu leito sobre um substrato granítico ainda mais resistente.

Um resumo do entendimento presente das respostas previstas de todos os indicadores (disciplinas) as potenciais mudançãs no regime de fluxo

As respostas previstas de cada indicador geomorfológico às variações de caudais no interior do sistema fluvial, são apresentadas em tabelas, nas três secções que mais abaixo se seguem: cada secçãõ se refere a uma Unidade Integrada de Análise e, cada tabela nela contida, resume as respostas de um dos indicadores às variações de fluxo no interior das unidades consideradas, e de acordo com as questões colocadas e resumidas na Tabela 0.2.

Capico

Foram analisadas as respostas dos seguintes indicadores:

- 3- Cross sectional area of bank full channel
- 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)
- 10- Extent of cut banks along the active channel

Indicador 3-Cross sectional area of bank full channel**Tabela 5 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Cross sectional area of bank full channel no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	Pode causar variações de sentido contrário, em 2 tempos: 1º) alargamento do canal por erosão basal das margens+slumping; 2º) a drástica redução do gradiente energético da corrente conseqüente ao alargamento do canal e eventual redução do caudal levaria ao estreitamento do canal por gradual deposição + colonização dos espaços pela vegetação.	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Média
5		Os caudais são mais ou menos variáveis que o natural	Zero	Média
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Média
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	O aumento dos caudais poderá acarretar um aumento da erosão com aprofundamento + alargamento do canal, aumentando a área da sua secção transversal. A redução dos caudais poderá conduzir ao estreitamento do canal, por deposição + colonização pela vegetação.	Média
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Baixa
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se	Zero	Baixa

EFA Angola Sedimentologia & Geomorfologia

		mais escarpada ou de menor profundidade		
--	--	---	--	--

Indicador 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)**Tabela 6 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of backwater areas no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Devido á conexão directa com os níveis de água do canal, a extensão areal dos backwaters aumenta ou reduz em função do aumento ou redução dos caudais.	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Os backwaters inundam com a inundação do canal	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 10- Extent of cut banks along the active channel**Tabela 7 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of cut banks along the channel no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Extende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Períodos de inundação maiores, assim como a maior frequência de altos caudais de inundação podem acarretar uma maior erosão das margens do canal, e vice-versa. Actualmente, a erosão das margens verifica-se ao longo do canal de magra, e é praticamente ausente ao longo do canal principal.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Mucundi (UIA 2)

Foram analisadas as respostas dos seguintes indicadores:

- 1- Extent of exposed rocky habitat in main channels.
- 3- Cross sectional area of bank full channel
- 6- Extent of vegetated islands

Indicador 1- Extent of the exposed Rocky Habitat in main channels**Tabela 8 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of exposed rocky habitat no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	A exposição dos Habitat rochosos depende dos caudais, sendo tanto mais extensa quanto menor forem os caudais. Contudo, uma excessiva exposição poderá ser nociva aos organismos incrustantes que sobre ela residem.	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Caudais da época de inundações tendem a submergir os habitats rochosos e a erodi-los. Os sedimentos que, durante esta época, poderão também ser depositados sobre os Habitat rochosos, serão removidos facilmente, devido aos rápidos que aí se formam.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 3- Cross sectional area of bank full channel**Tabela 9 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Cross sectional area of bank full channel no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Extende-se por mais tempo que o natural	Longos períodos de duração da estação seca podem levar á deposição de barras arenosas nos troços mais profundos do canal, á montante.	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Os caudais inferiores aos valores médios podem favorecer os processos deposicionais e o estreitamento do canal, enquanto os caudais mais altos favorecem a erosão do leito e margens, aumentando a área da sua secção transversal. Da mesma forma, períodos de inundação mais longos favorecem a acção da erosão no leito e margens e o ampliamto da secção transversal do canal.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 6- Extent of vegetated islands**Tabela 10 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of vegetated islands no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Extende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Os períodos de inundação maiores, tal como os caudais altos e frequentes, podem conduzir à redução da extensão da ilha fluvial, através de uma mais veloz acção erosiva ao longo das suas margens. A erosão ao longo das margens da ilha é activa e actual, e é sinalizada pelas paredes verticais que apresenta.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Kuito Kuanavale (UIA 3)

Foram analisadas as respostas previsíveis dos seguintes indicadores:

- 3- Cross sectional area of bank full channel
- 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)
- 7- Percentage silt & clay in the top of the floodplain
- 8- Extent of the floodplain inundated each wet season
- 9- Extent of inundated pools/pans on floodplain
- 10- Extent of cut banks along the active channel

Indicador 3- Cross sectional area of bank full channel**Tabela 11 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Cross sectional area of bank full channel no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	Longos períodos de estação seca favorecem a colonização dos bancos arenosos pela vegetação e, conseqüentemente, uma maior retenção de sedimentos, os quais conduziram á reduçãõ das dimensões do canal.	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Caudais maiores e mais duráveis favorecem o aprofundamento e o alargamento do canal; caudais menores e de curta duração favorecem os processos deposicionais e a reduçãõ das dimensões do canal.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Uma rápida reduçãõ dos caudais pode levar ao alargamento do canal por colapso das margens arenosas.	Alta

Indicador 4- Extent of backwater areas (slow/no flow areas)**Tabela 12 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of backwater areas no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Devido á conexão directa com os níveis de água do canal, a extensão areal dos backwaters aumenta ou reduz em função do aumento ou redução dos caudais.	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Durante as inundações, as áreas ocupadas pelos backwaters permanecem submersas	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 7- Percentage silt & clay in the top of the floodplain**Tabela 13 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Percentage silt & clay in the floodplain no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Os caudais mais altos facilitam o desenvolvimento da vegetação permitindo, assim, a fixação dos siltes e argilas sobre a planície de inundação.	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	A redução do tapete vegetal, consequente à seca prolongada, e os revolvimentos do terreno eventualmente operada pelos animais, poderiam facilitar a remoção dos siltes e argilas por acção eólica.	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Caudais altos e duráveis facilitam a deposição das partículas silto-argilosas, aumentando a concentração relativa dessas partículas sobre a planície de inundação.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 8- Extent of the floodplain inundated each wet season**Tabela 14 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of the floodplain inundated no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mudança de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Extende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou menos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	A extensão das áreas inundadas no interior da planície de inundação é tanto maior quanto maior forem os caudais. Caudais significativamente inferiores aos valores médios implicam uma redução das áreas inundadas.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 9- Extent of inundated pools/pans on floodplain**Tabela 15 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of inundated pools/pans no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mudança de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Os pools/pans no interior da planície de inundação são parcialmente alimentados pelo lençol de água subterrânea que, aqui, apresenta níveis altos durante todo o ano: por isso, não se espera uma redução drástica na extensão dos pools/pans inundados, excepto se os caudais abaixarem de modo significativo e prolongado.	Alta
3		Estende-se por mais tempo que o natural	Zero	média
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou menos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	A extensão dos pools/pans inundados estará estreitamente dependente da extensão das áreas inundadas no interior da planície de inundação.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Indicador 10- Extent of cut banks along the active channel**Tabela 16 Respostas previstas à possíveis mudanças no regime de caudal de Extent of cut banks along the channel no ecossistema do Rio Okavango**

Pergunta nº	Época	Possível mundaça de caudal	Resposta prevista do indicador	Confiança na previsão (bastante baixa, baixa, média, alta)
1	Época Seca	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
2		Os níveis das águas são mais altos ou mais baixos que o natural	Zero	Alta
3		Extende-se por mais tempo que o natural	Zero	Alta
4	Transição 1	A duração é mais longa ou mais curta que o natural - i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta
5		Os caudais são mais ou neos variáveis que o natural	Zero	Alta
6	Época de inundação	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural – a sincronização com a chuva poderá ser alterada	Zero	Alta
7		Alterada a proporção natural dos diferentes tipos de inundações anuais	Caudais maiores e mais prolongados favorecem a erosão ao longo das margens do canal.	Alta
8	Transição 2	O início ocorre mais cedo ou mais tarde que o natural	Zero	Alta
9		A duração é mais longa ou mais curta que o natural – i.e. hidrografia torna-se mais escarpada ou de menor profundidade	Zero	Alta

Conclusão

Os aspectos essenciais contidos neste relatório foram quase que inteiramente baseados em estudos pontuais sobre troços dos rios Cuebe, Cubango e Kuito-Kuanavale, durante as rápidas visitas de campo realizadas nos sítios Capico, Mucundi e Kuito-Kuanavale. A notória escassez de dados de base sobre os rios na parte angolana da bacia do Okavango, assim como a aparente inexistência dos dados de tipo sedimentológico e geomorfológico limitou grandemente a compreensão de aspectos relativos á dinâmica fluvial no interior da bacia. Também não foram encontradas referências bibliográficas ou documentais que relacionem as variáveis de tipo geomorfológico com as variáveis do ecossistema no interior do sistema fluvial, referências essas que teriam melhorado, consideravelmente, a selecção dos indicadores, e a qualidade e confiança das previsões, mesmo sem ter em conta as limitações que derivam do facto de não terem sido consideradas a influência que, sobre o sistema fluvial, exercem os caudais sedimentares e os terrenos adjacentes.

RELAÇÃO DA CURVA DE RESPOSTA DO CAUDAL PARA USO NA ACA-SAD (SISTEMA DE APOIO DE TOMADA DE DECISÃO) DO OKAVANGO

Deverá inserir estas curvas de respostas depois de os ter criado durante o Workshop de Captação de Conhecimentos em Março de 2009. Deixar o presente espaço em branco por agora.



REFERÊNCIAS

- Beechie T. J. et al. (2006) "Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems", <http://www.sciencedirect.com>.
- Chang H.H. (2003), "Minimum stream power and river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Chitale S.V. (2003), "Theories and relationships of river channel patterns", www.sciencedirect.com.
- Christofoletti, António "Geomorfologia", 1974, Edgard Blucher Ltda, 2ª edição reimpressa em 1986.
- Doyle M.W. & Shields Jr. F.D. (2000), "Incorporation of bed texture into a channel evolution model" <http://www.sciencedirect.com>
- Harnischmacher S. (2007), "Thresholds in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany", <http://www.sciencedirect.com>.
- Latubresse, E.M. (2008) "Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers", *Geomorphology*, Vol. 101, Issues 1-2, Oct. 2008, Pg. 130-145
- Lisle T. (1979), "A sorting mechanism for a riffle-pool sequence" *Geological Society of America Bulletin*, Part 11.v.90, p.1142-1157, 3 figs., July 1979, Doc.nº. M90703.
- Lofthouse C. & Robert A. (2007), "Riffle-pool sequences and meander morphology", <http://www.sciencedirect.com>
- Harnischmacher S. (2007), "Thresholds in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany", <http://www.sciencedirect.com>
- Lisle T. (1979), "A sorting mechanism for a riffle-pool sequence" *Geological Society of America Bulletin*, Part 11.v.90, p.1142-1157, 3 figs., July 1979, Doc.nº. M90703.
- Simon A. & Darby S. (1998), "Process-form interactions in unstable sand-bed river channels: A numerical modeling approach", <http://www.sciencedirect.com>
- Simon A. & Rinaldi M. (2006), "Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response", <http://www.sciencedirect.com>
- Thompson D.M. (2002), "Geometric adjustment of pools to changes in slope and discharge: a flume experiment", <http://www.sciencedirect.com>
- Thompson D.M. & Hoffman K.S. (2001) Equilibrium pool dimensions and sediment-sorting patterns in coarse-grained, New England channels, <http://www.sciencedirect.com>
- Xu Jiongxin, (1996), "Wandering braided river channel pattern developed under quasi-equilibrium: an example from the Hanjiang River, China; <http://www.sciencedirect.com>.
- Xu Jiongxin, (1996), "Channel pattern change downstream from a reservoir: An example of wandering braided rivers", *Geomorphology*, Vol. 15, Issue 2, March 1996, Pages 147-158

The Okavango River Basin Transboundary Diagnostic Analysis Technical Reports

In 1994, the three riparian countries of the Okavango River Basin – Angola, Botswana and Namibia – agreed to plan for collaborative management of the natural resources of the Okavango, forming the Permanent Okavango River Basin Water Commission (OKACOM). In 2003, with funding from the Global Environment Facility, OKACOM launched the Environmental Protection and Sustainable Management of the Okavango River Basin (EPSMO) Project to coordinate development and to anticipate and address threats to the river and the associated communities and environment. Implemented by the United Nations Development Program and executed by the United Nations Food and Agriculture Organization, the project produced the Transboundary Diagnostic Analysis to establish

a base of available scientific evidence to guide future decision making. The study, created from inputs from multi-disciplinary teams in each country, with specialists in hydrology, hydraulics, channel form, water quality, vegetation, aquatic invertebrates, fish, birds, river-dependent terrestrial wildlife, resource economics and socio-cultural issues, was coordinated and managed by a group of specialists from the southern African region in 2008 and 2009.

The following specialist technical reports were produced as part of this process and form substantive background content for the Okavango River Basin Transboundary Diagnostic Analysis.

Final Study Reports	Reports integrating findings from all country and background reports, and covering the entire basin.		
		Aylward, B.	<i>Economic Valuation of Basin Resources: Final Report to EPSMO Project of the UN Food & Agriculture Organization as an Input to the Okavango River Basin Transboundary Diagnostic Analysis</i>
		Barnes, J. et al.	<i>Okavango River Basin Transboundary Diagnostic Analysis: Socio-Economic Assessment Final Report</i>
		King, J.M. and Brown, C.A.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Project Initiation Report (Report No: 01/2009)</i>
		King, J.M. and Brown, C.A.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment EFA Process Report (Report No: 02/2009)</i>
		King, J.M. and Brown, C.A.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Guidelines for Data Collection, Analysis and Scenario Creation (Report No: 03/2009)</i>
		Bethune, S. Mazvimavi, D. and Quintino, M.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Delineation Report (Report No: 04/2009)</i>
		Beuster, H.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Hydrology Report: Data And Models (Report No: 05/2009)</i>
		Beuster, H.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Scenario Report : Hydrology (Report No: 06/2009)</i>
		Jones, M.J.	<i>The Groundwater Hydrology of The Okavango Basin (FAO Internal Report, April 2010)</i>
		King, J.M. and Brown, C.A.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Scenario Report: Ecological and Social Predictions (Volume 1 of 4) (Report No. 07/2009)</i>
		King, J.M. and Brown, C.A.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Scenario Report: Ecological and Social Predictions (Volume 2 of 4: Indicator results) (Report No. 07/2009)</i>
		King, J.M. and Brown, C.A.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Scenario Report: Ecological and Social Predictions: Climate Change Scenarios (Volume 3 of 4) (Report No. 07/2009)</i>
		King, J., Brown, C.A., Joubert, A.R. and Barnes, J.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Scenario Report: Biophysical Predictions (Volume 4 of 4: Climate Change Indicator Results) (Report No: 07/2009)</i>
		King, J., Brown, C.A. and Barnes, J.	<i>Okavango River Basin Environmental Flow Assessment Project Final Report (Report No: 08/2009)</i>
		Malzbender, D.	<i>Environmental Protection And Sustainable Management Of The Okavango River Basin (EPSMO): Governance Review</i>
		Vanderpost, C. and Dhliwayo, M.	<i>Database and GIS design for an expanded Okavango Basin Information System (OBIS)</i>
		Veríssimo, Luis	<i>GIS Database for the Environment Protection and Sustainable Management of the Okavango River Basin Project</i>
		Wolski, P.	<i>Assessment of hydrological effects of climate change in the</i>

			Okavango Basin
Country Reports Biophysical Series	Angola	Andrade e Sousa, Helder André de	Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo do Caudal Ambiental: Relatório do Especialista: País: Angola: Disciplina: Sedimentologia & Geomorfologia
		Gomes, Amândio	Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo do Caudal Ambiental: Relatório do Especialista: País: Angola: Disciplina: Vegetação
		Gomes, Amândio	Análise Técnica, Biofísica e Socio-Económica do Lado Angolano da Bacia Hidrográfica do Rio Cubango: Relatório Final: Vegetação da Parte Angolana da Bacia Hidrográfica Do Rio Cubango
		Livramento, Filomena	Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo do Caudal Ambiental: Relatório do Especialista: País: Angola: Disciplina: Macroinvertebrados
		Miguel, Gabriel Luís	Análise Técnica, Biofísica E Sócio-Económica do Lado Angolano da Bacia Hidrográfica do Rio Cubango: Subsídio Para o Conhecimento Hidrogeológico Relatório de Hidrogeologia
		Morais, Miguel	Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Análise Rio Cubango (Okavango): Módulo da Avaliação do Caudal Ambiental: Relatório do Especialista País: Angola Disciplina: Ictiofauna
		Morais, Miguel	Análise Técnica, Biofísica e Sócio-Económica do Lado Angolano da Bacia Hidrográfica do Rio Cubango: Relatório Final: Peixes e Pesca Fluvial da Bacia do Okavango em Angola
		Pereira, Maria João	Qualidade da Água, no Lado Angolano da Bacia Hidrográfica do Rio Cubango
		Santos, Carmen Ivelize Van-Dúnem S. N.	Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo do Caudal Ambiental: Relatório de Especialidade: Angola: Vida Selvagem
		Santos, Carmen Ivelize Van-Dúnem S.N.	Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo Avaliação do Caudal Ambiental: Relatório de Especialidade: Angola: Aves
	Botswana	Bonyongo, M.C.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Botswana: Discipline: Wildlife
		Hancock, P.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module : Specialist Report: Country: Botswana: Discipline: Birds
		Mosepele, K.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Botswana: Discipline: Fish
		Mosepele, B. and Dallas, Helen	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Botswana: Discipline: Aquatic Macro Invertebrates
	Namibia	Collin Christian & Associates CC	Okavango River Basin: Transboundary Diagnostic Analysis Project: Environmental Flow Assessment Module: Geomorphology
		Curtis, B.A.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report Country: Namibia Discipline: Vegetation
		Bethune, S.	Environmental Protection and Sustainable Management of the Okavango River Basin (EPSMO): Transboundary Diagnostic Analysis: Basin Ecosystems Report
		Nakanwe, S.N.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Namibia: Discipline: Aquatic Macro Invertebrates
		Paxton, M.	Okavango River Basin Transboundary Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Namibia: Discipline: Birds (Avifauna)
		Roberts, K.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Namibia: Discipline: Wildlife
		Waal, B.V.	Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Namibia: Discipline: Fish Life
Country Reports Socioeconomic Series	Angola	Gomes, Joaquim Duarte	Análise Técnica dos Aspectos Relacionados com o Potencial de Irrigação no Lado Angolano da Bacia Hidrográfica do Rio Cubango: Relatório Final
		Mendelsohn, .J.	Land use in Kavango: Past, Present and Future

		<i>Pereira, Maria João</i>	<i>Análise Diagnóstica Transfronteiriça da Bacia do Rio Okavango: Módulo do Caudal Ambiental: Relatório do Especialista: País: Angola: Disciplina: Qualidade da Água</i>
		<i>Saraiva, Rute et al.</i>	<i>Diagnóstico Transfronteiriço Bacia do Okavango: Análise Socioeconómica Angola</i>
	Botswana	<i>Chimbari, M. and Magole, Lapologang</i>	<i>Okavango River Basin Trans-Boundary Diagnostic Assessment (TDA): Botswana Component: Partial Report: Key Public Health Issues in the Okavango Basin, Botswana</i>
		<i>Magole, Lapologang</i>	<i>Transboundary Diagnostic Analysis of the Botswana Portion of the Okavango River Basin: Land Use Planning</i>
		<i>Magole, Lapologang</i>	<i>Transboundary Diagnostic Analysis (TDA) of the Botswana p Portion of the Okavango River Basin: Stakeholder Involvement in the ODMP and its Relevance to the TDA Process</i>
		<i>Masamba, W.R.</i>	<i>Transboundary Diagnostic Analysis of the Botswana Portion of the Okavango River Basin: Output 4: Water Supply and Sanitation</i>
		<i>Masamba, W.R.</i>	<i>Transboundary Diagnostic Analysis of the Botswana Portion of the Okavango River Basin: Irrigation Development</i>
		<i>Mbaiwa, J.E.</i>	<i>Transboundary Diagnostic Analysis of the Okavango River Basin: the Status of Tourism Development in the Okavango Delta: Botswana</i>
		<i>Mbaiwa, J.E. & Mmopelwa, G.</i>	<i>Assessing the Impact of Climate Change on Tourism Activities and their Economic Benefits in the Okavango Delta</i>
		<i>Mmopelwa, G.</i>	<i>Okavango River Basin Trans-boundary Diagnostic Assessment: Botswana Component: Output 5: Socio-Economic Profile</i>
		<i>Ngwenya, B.N.</i>	<i>Final Report: A Socio-Economic Profile of River Resources and HIV and AIDS in the Okavango Basin: Botswana</i>
		<i>Vanderpost, C.</i>	<i>Assessment of Existing Social Services and Projected Growth in the Context of the Transboundary Diagnostic Analysis of the Botswana Portion of the Okavango River Basin</i>
	Namibia	<i>Barnes, J and Wamunyima, D</i>	<i>Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module: Specialist Report: Country: Namibia: Discipline: Socio-economics</i>
		<i>Collin Christian & Associates CC</i>	<i>Technical Report on Hydro-electric Power Development in the Namibian Section of the Okavango River Basin</i>
		<i>Liebenberg, J.P.</i>	<i>Technical Report on Irrigation Development in the Namibia Section of the Okavango River Basin</i>
		<i>Ortmann, Cynthia L.</i>	<i>Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Environmental Flow Module : Specialist Report Country: Namibia: discipline: Water Quality</i>
		<i>Nashipili, Ndinomwaameni</i>	<i>Okavango River Basin Technical Diagnostic Analysis: Specialist Report: Country: Namibia: Discipline: Water Supply and Sanitation</i>
		<i>Paxton, C.</i>	<i>Transboundary Diagnostic Analysis: Specialist Report: Discipline: Water Quality Requirements For Human Health in the Okavango River Basin: Country: Namibia</i>

*Environmental protection and sustainable management
of the Okavango River Basin*

EPSMO



Kavango River at Rundu, Namibia



OKACOM

Tel +267 680 0023 Fax +267 680 0024 Email okasec@okacom.org www.okacom.org
PO Box 35, Airport Industrial, Maun, Botswana